



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DE VARIAÇÕES IMPULSIVAS NO CAMPO GEOMAGNÉTICO OBSERVADO NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

**Silvio Buchner (RSU/INPE, Santa Maria, RS, Brasil, Bolsista
PIBIC/CNPq)**

E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br

**Dr. Nalin B. Trivedi (LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Brasil,
Orientador)**

E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br

COLABORADORES

**Dr. Severino L. Guimarães Dutra, pesquisador - DGE/INPE
Dr. Nelson Jorge Schuch - RSU/INPE, Santa Maria, RS, Brasil**

Fevereiro de 2004



**ESTUDO DE VARIAÇÕES IMPULSIVAS NO CAMPO
GEOMAGNÉTICO OBSERVADO NA REGIÃO DA
ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE - MCT)**

**Silvio Buchner (RSU/INPE, Santa Maria, RS, Brasil, Bolsista
PIBIC/CNPq)**

E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br

**Dr. Nalin B. Trivedi (LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Brasil,
Orientador)**

E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em especial ao meu Orientador, Dr. Nalin B. Trivedi e colaboradores, Dr. Nelson J. Schuch, Dr. Severino L. Guimarães Dutra e aos colegas de trabalho, Everton Frigo e Virnei S. Moreira, pela colaboração e paciência que tiveram comigo, no desenvolver desse Projeto ao PIBIC/CNPq/INPE – MCT, e a UFSM/CT/LACESM, pelo suporte dado e a todos que de alguma maneira contribuíram para a execução deste projeto e elaboração deste relatório.





SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	5
Introdução	5
CAPÍTULO 02	7
Objetivos Gerais do Projeto	7
Plano de Trabalho	7
O Observatório Espacial do Sul	8
CAPÍTULO 03	10
Fundamentação Teórica	10
Atividade Solar	12
Pulsações Regulares ou Contínuas	13
Pulsações Irregulares	15
Cavidade Geomagnética	16
Interação do Vento Solar com o Campo Geomagnético	17
Cinturão de Van Allen	18
Anomalia Magnética do Atlântico Sul	20
CAPÍTULO 4	22
Métodos de Aquisição Processamento e Análise de Dados	22
CAPÍTULO 05	27
Análise e Resultados	27
Atividades do Bolsista	27
Perspectivas Futuras	29
CAPÍTULO 06	31
Conclusões	31
CAPÍTULO 07	32
Bibliografia	32
Anexos	34



CAPÍTULO 01

Introdução

Este relatório apresenta o estudo sobre as Micropulsações Geomagnéticas, principalmente será enfatizado as Micropulsações Impulsivas, observadas nas componentes do Campo Magnético Terrestre, por magnetômetros do tipo fluxogate de alta resolução. As Pulsações Geomagnéticas podem ser divididas em Pulsações Contínuas - Pc - e Pulsações Impulsivas - Pi. As Pi são geralmente interpretadas como um sinal hidromagnético transiente associado com mudanças súbitas no estado físico da Magnetosfera Terrestre durante a fase de expansão de uma subtempestade Magnética. Esses Impulsos súbitos são pulsos de rarefação e compressão das linhas de Campo na Magnetopausa, são causados pelo choque Interplanetário. Pulsações Impulsivas observadas na Estação Geomagnética de São Martinho da Serra - -29.43° N, 306.18° E - são de amplitudes menores ou iguais a observadas nas demais Estações Geomagnéticas. Observa-se, porém que alguns eventos Impulsivos observados em São Martinho da Serra, essa generalidade não ocorre, ou seja, encontramos alguns eventos em que as amplitudes Impulsivas são maiores na região localizada nas proximidades do centro da Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS. Esta constatação foi efetivada quando comparados dados das Estações Geomagnética de São Martinho da Serra - SMS, Vassouras - VSS -, -2.40° N, 316.35° E e Korou - KOU - 2.21° N, 307.27° E. Foi utilizados dados dessas três Estações por estas estarem respectivamente localizadas na proximidade do centro, na borda, e na região fora da - AMAS. Observou-se que para alguns eventos Impulsivos as amplitudes vão diminuindo a medida que o Campo Total - F - aumenta. Acredita-se que esses eventos são devido a precipitação de elétrons na região da - AMAS -, que compreende a região em que fica localizada a Estação Magnética de São Martinho da Serra, junto ao Observatório Espacial do Sul - OES. Esta constatação foi feita para 34 eventos Impulsivos no período de Setembro de 2000 à Dezembro de 2001. Os





34 eventos Impulsivos comparados com outras Estações Geomagnéticas foram classificados pelas amplitudes de suas variações. Esse estudo está sendo efetuado para o período de Janeiro de 2002 à Dezembro de 2003, pretende-se com isso a comprovação desse fato experimental, e a sua relação com o fenômeno da precipitação de partículas na região da - AMAS - e com isso elucidar os processos físicos que estão ocorrendo na Magnetosfera Terrestre.





CAPÍTULO 02

Objetivos Gerais do Projeto

- Realizar medidas Geomagnéticas Contínuas e Impulsivas das três componentes ortogonais H - Norte-Sul -, D - leste-oeste - e Z - vertical para baixo - do Campo Geomagnético, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS - 29°S, 53°W.
- Serão estudados o comportamento das pulsações Geomagnéticas durante tempos quietos magneticamente como também nos períodos magneticamente perturbados na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS - e região do Eletrojato Equatorial ao longo do equador Magnético.
- Será dada mais Ênfase ao estudo das Variações Impulsivas com períodos longos e curtos.
- Operar o Observatório Geomagnético de São Martinho da Serra.
- Estudar as possíveis fontes geradoras das pulsações e a sua propagação até a superfície Terrestre.
- Pretende-se relacionar as Pulsações Impulsivas com o possível fenômeno da precipitação de partículas na região da AMAS.

Plano de Trabalho

- O plano do bolsista consiste em operar a Estação Geomagnética de São Martinho da Serra - SMS -, durante o tempo de duração da bolsa de Iniciação Científica.
- Receber os dados da Estação Geomagnética de Vassouras - VSS - e converte-los para o formato ASSII, usando o programa NAROD.
- Em seqüência, analisar os dados das duas Estações Geomagnéticas.
- Detectar os eventos Impulsivos, e estudar os processos físicos que ocorrem na Magnetosfera e Ionosfera que estão relacionados com a



precipitação de Elétrons, na Região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul.

O Observatório Espacial do Sul

O Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra – RS, tem como atribuições:

- Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Geofísica Espacial, nas áreas de Geomagnetismo, Magnetosfera e Heliosfera, eletricidade atmosférica, física e química da média e baixa Atmosfera;
- Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Aeronomia, na área de física da alta Atmosfera e da Ionosfera;
- Coletar dados, arquivando-os e mantendo-os em banco de dados formatados de acordo com padrões internacionais;
- Desenvolver e fortalecer atividades de cooperação científica com pesquisadores e instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras.

O programa de escolha de sítio envolveu estudo técnico e científico de escolha de sítios, nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, no Rio Grande do Sul e finalmente na grande região de Santa Maria e atendendo a metodologia da consideração dos fatores: antropogênicos, logísticos, macro e microclima, meteorológicos e do nível da rádio interferência natural e artificial, pré-requisitos básicos e necessários na pesquisa de escolha e instalação de um sítio, observatório, para observações rádio astronômica.

A localização geográfica e topografia do Observatório são estratégicas, devendo ser ressaltado que não se tem conhecimento da existência de nenhum outro Observatório Espacial do gênero, no Hemisfério Sul, na latitude do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT, o que torna inédita, original e de primeira mão, a natureza dos dados coletados por seus instrumentos.

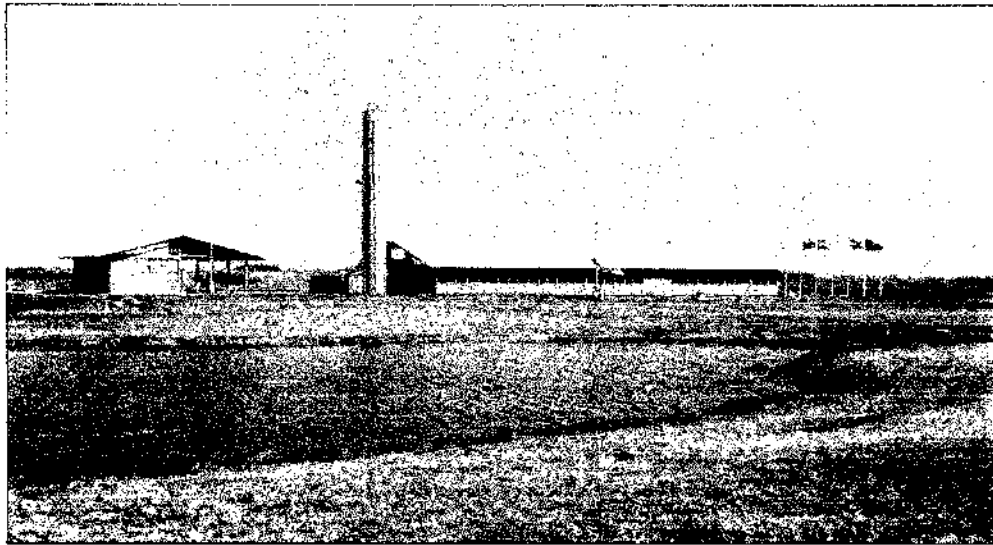


Figura 2-1 - Prédios 2 e 3, de um total de seis prédios, do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS.

Os sensores e equipamentos, como também as antenas instalados e ou a serem instalados na área do Observatório Espacial do Sul, são de natureza passiva e não são ou serão poluidores, produzindo impacto destrutivo ao meio ambiente.

CAPÍTULO 03

Fundamentação Teórica

A Terra possui um campo de forças, chamado Campo Geomagnético - Figura 3 - 1. Esse campo de forças pode ser dividido em um campo principal, que corresponde à cerca de 99% do seu total e é gerado supostamente através de correntes elétricas que fluem na parte líquida do núcleo Terrestre, e o resto produzido por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas vizinhas ao planeta.

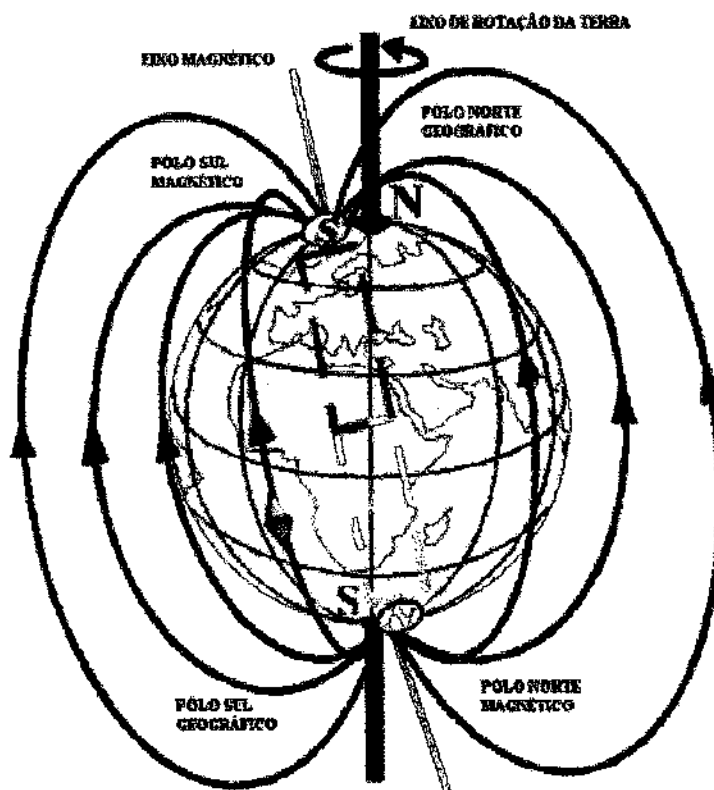


Figura 3 -1 - Dipolo Magnético colocado no centro da Terra e levemente inclinado em relação ao eixo de rotação. (Pinto e Gonzales, 1989)

O Campo Geomagnético não é estável, apresentando variações temporais e espaciais com amplitudes muito inferiores à do Campo Magnético gerado no núcleo, em várias ordens de grandeza.



Essas variações geomagnéticas podem ser classificadas em seculares - períodos maiores que de um ano -, diurnas - período de 24 horas -, distúrbios - associados a Tempestades Magnéticas e com períodos bastante variáveis -, pulsações - com períodos entre 0,2 e 1000s -, atmosféricas - períodos inferiores a 1 s - e produzidas pelo homem. Sendo que as variações seculares são as únicas com origem interna a Terra.

A variação diurna é causada por sistemas de corrente elétrica, que se originam devido ao movimento das camadas atmosféricas ionizadas através das linhas do Campo Magnético Terrestre, devido principalmente à atração gravitacional do Sol. Esses sistemas de corrente circulam na região E da Ionosfera¹, tendo dois vórtices localizados nas proximidades das latitudes 30°N e 30°S e são fixos no espaço em relação ao Sol, enquanto a Terra gira embaixo deles. A variação diurna é função da época do ano, da atividade solar e da latitude geomagnética.

Com base no índice de atividade magnética K, podemos classificar os dias, de acordo com a atividade magnética, em calmos, perturbados e normais. A variação do Campo Magnético sobre dias magneticamente calmos é chamada variação Sq - do inglês, Solar quiet. Correspondentemente, para dias perturbados, a variação é chamada SD - Solar Disturbed. A variação que ocorre durante uma tempestade magnética é chamada D_{ST} - Storm Time Disturbance.

Os distúrbios magnéticos resultam da entrada de grandes quantidades de plasma solar na Magnetosfera², por ocasião de Tempestades Magnéticas. As Tempestades Magnéticas são consequência do aumento de correntes magnetosféricas e ionosféricas devido à interação entre o vento solar³ e o Campo Magnético Terrestre, e a incidência de raios-X solares e radiação UV solar, aumentando os sistemas de correntes ionosféricas de tal maneira que o Campo Magnético experimenta fortes perturbações. Uma Tempestade Magnética típica pode ser dividida em uma fase inicial, com duração de três a

¹ Ionosfera - Região da Atmosfera, de aproximadamente 60 a 1000 km de altitude, em que a densidade de ions é alta o suficiente para afetar transmissões de ondas eletromagnéticas em rádio frequência.

² Magnetosfera - Região em que o Campo Magnético domina o movimento do plasma, constituído principalmente de prótons e elétrons.

³ Vento Solar - Fluxo de partículas ionizadas (plasma) emanadas pelo Sol.



quatro horas, uma fase principal, com várias horas de duração, e uma fase de recuperação, com duração de algumas horas a alguns dias, dependendo da intensidade da tempestade.

Pulsações geomagnéticas são manifestações de ondas de plasma de frequência ultra-baixa - ULF - na Magnetosfera Terrestre. Essas pulsações tem intervalos de frequência desde aproximadamente 1 mHz até 10 Hz e aparecem como oscilações quase senoidais nos dados registrados em Magnetômetros na superfície Terrestre, na Ionosfera e na Magnetosfera.

Historicamente, as primeiras observações das pulsações geomagnéticas foram feitas por Stewart - 1861 -, o qual notou pulsações geomagnéticas nos registros de uma grande Tempestade Geomagnética, observada em Kew Observatory - Greenwich, Inglaterra. Somente no Ano Internacional de Geofísica - 1958 - IGY - ocorreu um substancial aumento no número de observações das pulsações geomagnéticas e estabeleceu-se o estudo das ondas de Plasma e pulsações na Magnetosfera como uma disciplina madura. Um subcomitê do "International Association of Geophysics and Aeronomy" - IAGA - sugeriu um esquema de classificação baseado em duas classes principais de pulsações (Jacobs et al., 1964). A primeira inclui pulsações de caráter mais ou menos contínuo e foi denotada por Pc. A segunda classe inclui pulsações mais ou menos impulsivas e foi denotada por Pi.

Atividade Solar

Muitos dos efeitos que se classificam como "Clima geo-espacial" - Space Weather - podem, em última instância serem esboçados como mudanças que ocorrem no Sol. Estas incluem tanto radiação eletromagnética solar quanto emissão de plasma e de partículas energéticas.

O Sol é um corpo não rígido, formado por plasmas quentes magnetizados. Isso possibilita uma rotação diferenciada com um gradiente de velocidade do equador aos pólos, sendo máxima no equador e mínima nos pólos. Seu período médio de rotação é de 27 dias. As linhas do Campo hélio - Magnético acompanham o movimento do plasma solar e após algumas





rotações, a existência do gradiente de velocidade acaba por constranger o campo, como uma espécie de um gigantesco novelo de lã. Em pontos localizados, onde a tensão magnética faz-se arcos magnéticos, que saltam por sobre a estrutura embolada do restante do campo, na superfície do Sol. Os terminais desses arcos apresentam-se como manchas escuras no disco solar, quando observadas no espectro visível.

Porém essas estruturas em forma de arco não são muito estáveis e terminam por desfazer em eventos extremamente energéticos com grande liberação impulsiva de matéria e energia, os bursts. O aparecimento dessas estruturas e, conseqüentemente, desses eventos explosivos, sobre o disco do Sol, constitui o que se convencionou chamar de atividade Solar.

Pulsações Regulares ou Contínuas

Abrangem o intervalo inteiro das pulsações, com períodos de 0,2 a 600 segundos. Podem ser subdivididas em subgrupos, dependendo de seus períodos.

Pulsações Contínuas Pc1 - $T = 0,2 - 5$ s.

Estas pulsações são importantes fontes de informações de instabilidades de plasma que podem se desenvolver nas regiões dos cinturões de radiação e são, usualmente, o indicador do estado da Magnetosfera.

As Pc1 são oscilações senoidais regulares, com períodos variandos de 0,2 a 5 segundos. Estas pulsações ocorrem na forma de explosões separadas, desenvolvendo-se gradualmente em, uma série de pulsações que se estendem de 10 minutos a horas. Elas podem também ocorrer na forma de grupos de pulsações com bruscas variações de frequência.

Investigações no solo da ocorrência das Pc1 e as características nas mudanças de suas amplitudes com a latitude indicam que elas são mais freqüentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais.

Pulsações Contínuas Pc2-3 - $T=5-10, 10-45$ s.

As amplitudes de sinais observadas das Pc2-3 são, usualmente, menores de $0,5\gamma$ e os períodos típicos são em torno de 2 a 30 segundos. São



tipicamente fenômenos diurnos, com período médio sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio - dia. A principal direção do vetor horizontal perturbado, embora tipicamente norte-sul, sofre uma variação diurna nas maiorias das latitudes e, com essa mudança, ocorrem vários sentidos de polarização.

A frequência característica das Pc2-3 aumenta com o aumento do índice de atividade magnética K. há incidência destas pulsações também durante a fase inicial das Tempestades Magnéticas.

Pulsações Contínuas Pc4 - T = 45 – 150 s.

As amplitudes típicas das Pc4 são de 5 a 9 γ nas altas latitudes e 1 γ nas baixas latitudes. Os sinais, usualmente, duram de 10 minutos a várias horas. Estes, muitas vezes, aumentam lentamente até uma amplitude máxima que se sustenta por um longo tempo, e depois decaem imediatamente. Nas médias e baixas latitudes o modelo de ocorrência diária tem um máximo ao meio-dia.

A frequência de ocorrência das Pc4 aumenta com a diminuição da atividade solar, embora suas amplitudes permaneçam quase constantes por todo o ciclo solar. Por outro lado, a frequência de ocorrência das Pc3 não muda muito ao longo do ciclo solar; já suas amplitudes decrescem repentinamente com o decréscimo da atividade solar. Assim, as Pc4 são muito mais dominantes que as Pc3 nos mínimos solar.

Em todas as latitudes a ocorrência das Pc4 pode ser conectada com o ciclo solar; mais ativamente nos anos de mínimas manchas solares.

Pulsações Contínuas Pc5 - T = 150 - 600 s.

Esta classe de pulsações, com longos períodos - 3 à 10 minutos -, podem ter amplitudes extremamente grandes, chegando a várias centenas de γ , nas latitudes altas e várias dezenas de nT nas latitudes baixas. Estendem-se por um período de 10 minutos à várias horas, e suas formas são inteiramente senoidais, muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade magnética.

Há uma larga distribuição latitudinal das Pc5, incluindo um rápido decréscimo em amplitude com o aumento da distância à zona auroral e um claro aumento equatorial. O aumento da amplitude na região equatorial pode



ser explicado pelas correntes ionosféricas chamadas de eletrojetos equatoriais.

Pulsações Irregulares

Esta classe de pulsções é caracterizada por sua forma irregular. Elas tem conexão com os distúrbios do Campo Magnético e possuem correlação com os distúrbios da Magnetosfera superior. Esta classe é dividida em dois sub-grupos:

Pulsções Irregulares Pi1 - T1 – 40 s.

As Pi1 tem formas irregulares com períodos menores do que 15 segundos - $\approx 6 - 10$ s. Suas amplitudes tem valores máximos nas zonas aurorais e sua intensidade decresce rapidamente com a latitude. Estas oscilações tem formas de microestruturas devido aos distúrbios lentos do Campo Magnético, observadas durante a fase principal das Tempestades Magnéticas.

A atividade Pi1 mostra uma dependência distinta com o índice K, aumentando com o aumento de K. Algumas vezes, as Pc1 e Pi1 são registradas simultaneamente com distúrbios lentos e, também, como distúrbios de campos independentes.

Pulsções Irregulares pi2 - T = 40 – 150 s.

As Pi2 possuem formas irregulares com períodos localizados num intervalo de 40 – 150 segundos, podendo, às vezes, apresentar períodos acima de 250 segundos, e suas amplitudes variam de 1 - 5 γ . As Pi2 tem como características principais o seu pequeno tempo de duração e a sua superposição nas Pi1, as quais podem ser seguidas, em certas ocasiões, pelas Pc1.

A probabilidade de ocorrência das pi2 aumenta com o aumento do índice K. Para um mesmo intervalo de tempo, as atividades Pi1 aumentam com o máximo das manchas solares, sugerindo que as Pi1 e Pi2 tem diferentes fontes de geração ou que tem diferentes modos de propagação sobre a superfície da Terra.

Na região entre a Terra e o Sol temos um estado gasoso altamente



ionizado, porém macroscopicamente neutro, que recebe o nome de Plasma. A propriedade fundamental de um Plasma é a tendência de permanecer eletricamente neutro. Qualquer alteração dinâmica no fluido dará origem a campos elétricos induzidos, os quais, por sua vez, produzirão corrente elétrica. Devido a presença de um campo magnético, estas correntes elétricas ficarão sujeitas a forças que irão modificar o movimento original do fluido, resultando num complexo acoplamento entre o sistema material e os campos eletromagnéticos. Para frequências baixas, $(\omega \ll \Omega_i^2 + \Omega_e^2)^{\frac{1}{2}}$, isto é, frequências muito menores que a girofrequência dos íons e que a frequência de colisões no plasma. O acoplamento entre os dois sistemas produz assim chamada onda magnetoidrodinâmica ou onda hidromagnética.

Cavidade Geomagnética

Medições feitas com satélites artificiais e foguetes indicam que as grandes distâncias da Terra, próximo a fronteira externa da Magnetosfera - mais de 70.000 Km de altura -, as linhas de Campo Terrestre afastam-se daquelas previstas pelo modelo do dipolo. Tal afastamento se apresenta na forma de uma variação diurna conforme vista de um ponto sobre a Terra girante, mas apresenta-se constante conforme visto por um observador inercial no sol - desprezando o efeito resultante do fato que o eixo de rotação da Terra e o eixo do dipolo não coincidem.

Esta deformação é associada ao movimento da Terra através do gás interplanetário, e ao chamado Vento Solar - fluxo de plasma continuamente ejetado pelo sol. Abramos aqui um parênteses a fim de estabelecer o conceito de Plasma, uma vez que essa noção é de grande importância no entendimento dos vários fenômenos geomagnéticos. Quando um gás é elevado a temperaturas suficientemente altas ou submetido a intensa radiação - X ou ultra-violeta -, os átomos e moléculas do mesmo se tornam ionizados, sendo os elétrons arrancados por violentas colisões entre as partículas devido a agitação térmica, ou expulsos dos átomos como resultado da absorção de fótons com altas energias. Quando isso ocorre o comportamento dinâmico do





gás passa a ser grandemente afetado por forças eletromagnéticas que agem sobre os íons e elétrons livres, e suas propriedades se tornam suficientemente diferentes das do gás normal não ionizado que se justifica uma mudança de denominação. Assim para se representar esse estado gasoso altamente ionizado, porém macroscopicamente neutro, escolheu-se o nome de plasma. A propriedade mais fundamental de um plasma é a sua tendência de permanecer eletricamente neutro. Quando por alguma razão, em uma dada região do mesmo a densidade de carga difere de zero, desenvolvendo-se altos potenciais que fazem as partículas carregadas moverem se rapidamente de modo a reduzir as diferenças de potencial e restabelecer a neutralidade elétrica. É este fenômeno o principal responsável pelas oscilações hidromagnéticas e pelas várias peculiaridades associadas as ondas eletromagnéticas que se propagam em plasmas.

O Vento Solar com seu continuo fluxo de Plasma, ao passar pela Terra, liga-se as linhas de Campo Magnético e as arrasta consigo, trazendo como resultado uma compressão da Magnetosfera no lado oferecido ao Sol e uma alongação da mesma ao lado oposto.

Interação do Vento Solar com o Campo Geomagnético

Quando o Vento Solar alcança as proximidades da Terra encontra um obstáculo em sua propagação natural, devido a presença de um Campo Geomagnético, acabando de ser desviado de sua trajetória, contornando e modificando os limites de ação do Campo Magnético da Terra o qual acaba por se confinar em uma cavidade - denominada de Magnetosfera Terrestre - cuja região de fronteira com o domínio do Campo Magnético Interplanetário é denominada de Magnetopausa. Na região sub-Solar há uma compactação das linhas do Campo Geomagnético em consequência da pressão exercida pelo Vento Solar que chega do Sol. Em complementação a esse fenômeno, do lado anti-solar o fluxo do vento cria o efeito contrário, arrastando e alargando as linhas do Campo Geomagnético Terrestre, dando origem a uma espécie de longa cauda magnética com centenas de raios Terrestres de extensão - fig 3-2.





Quando, acontece um grande evento emissivo de massa no Sol há uma conseqüente aceleração e adensamento no fluxo do Vento Solar. Quando essas perturbações atinge a vizinhança da Terra uma frente de choque surge na magnetopausa e gera uma perturbação no Campo Geomagnético, detectável desde o solo por sensores apropriados – Magnetômetros - distribuídos amplamente pela superfície do planeta.

Cinturão de Van Allen

A Magnetosfera é uma região situada aproximadamente a 2000 quilômetros de altitude, e na qual o movimento de partículas carregadas é governado fundamentalmente pelo Campo Magnético da Terra. Em altitudes inferiores, onde a densidade da Atmosfera é muito maior, o movimento dessas partículas é controlado sobretudo por colisões.

A Magnetosfera situada no lado frontal do sol estende-se além da superfície da Terra aproximadamente 5700km, ou cerca de 10 raios terrestres. Do outro lado do Sol, a Magnetosfera se estende provavelmente por centenas de raios Terrestres - ver figura 3-2. A forma alongada resulta da influência do Vento Solar, ou do Plasma Solar, consistido principalmente de prótons e elétrons emitidos pelo Sol, e que comprime grandemente a Magnetosfera, do lado mais próximo do Sol.



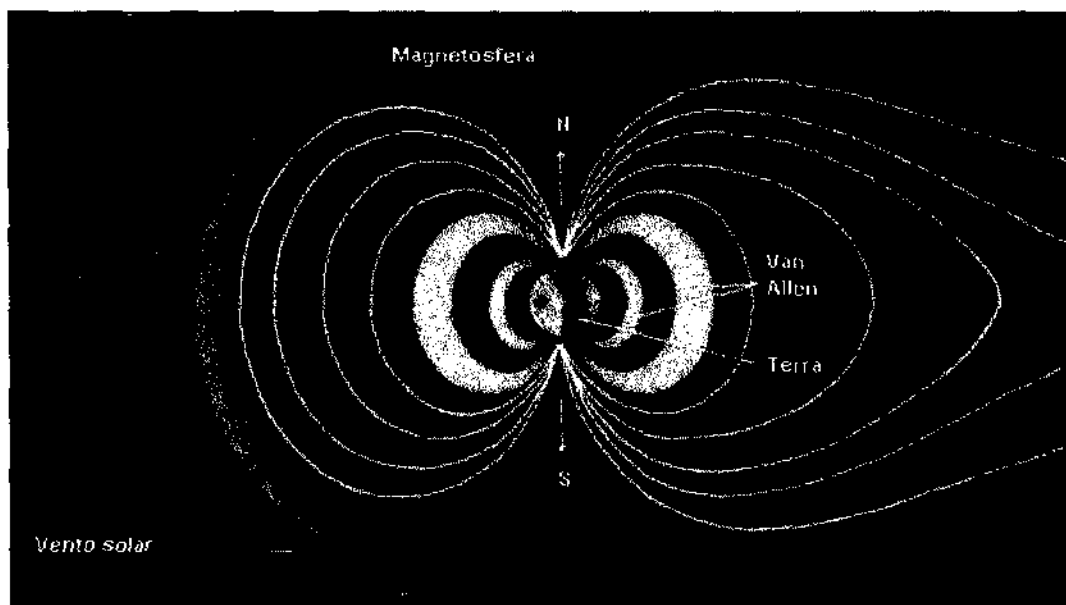


Figura 3 – 2 –

Fonte: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/vanallen>

Em 1958 descobriram-se imensas regiões de radiação dentro da Magnetosfera. Essas regiões, conhecidas como cinturão de radiação Van Allen, devido ao seu descobridor contêm prótons e elétrons energéticos presos pelo Campo Magnético da Terra. Quando esses intensos cinturões de radiação foram descobertos, os cientistas ficaram apreensivos quanto às sérias ameaças que poderiam oferecer às viagens espaciais. Estes cinturões contêm prótons e elétron de alta energia entre 1-100Mev, que penetram facilmente numa nave espacial e podem causar a uma exploração prolongada, danos aos instrumentos e perigo para os astronautas. Tanto em missões tripuladas como as não tripuladas evitam essa região.

O cinturão de Van Allen é composto de duas faixas, das quais a interior se situa entre 2200 e 5000 ou 2 a 3 Re quilômetros, e a exterior entre 13000 e 55000 ou 3 a 7 Re quilômetros da superfície da Terra.

Cinturão Interior: Este é constituído principalmente de prótons de alta energia devido ao choque das partículas de raios Cósmicos.

Cinturão Exterior: Formado principalmente por elétrons de alta energia, provenientes de raios Cósmicos e por processos de aceleração Magnetosféricos.



Anomalia Magnética do Atlântico Sul

A Terra é rodeada por um Campo Magnético esférico, a Magnetosfera. De acordo com o que nós sabemos hoje, está sendo gerado por ação de dínamo no interior da Terra onde metais líquidos continuam em movimento gerados pelas forças de transmissão - troca calor -, e da mesma maneira que as massas carregadas no dínamo gera um Campo Magnético quando se movem, estas massas criam o Campo Magnético da Terra. Sem isto, não trabalhariam nossas bússolas, essa barreira nos protege da radiação, inclinando partículas de altas energia ou capturando no cinturão de Van Allen. Destes, descobriu - se pelo primeiro satélite dos EUA, em 1958, que há dois cinturões, um mais interno, o outro mais externo, mas ambos cercam a Terra como uma proteção a radiações de partículas.

Infelizmente, em cima do Sul do Oceano Atlântico, ao largo da costa do Brasil, e na região Sul do país, o efeito protetor da Magnetosfera não é bastante esférico mas um " buraco ", o qual os cientistas explicam como resultado do deslocamento excêntrico do Campo Magnético do centro geográfico da Terra - através de 280 milhas - como também o deslocamento entre os marcos magnéticos e geográficos da Terra. Para órbitas inclinadas entre 35 e 60 graus a partir do equador da Terra.

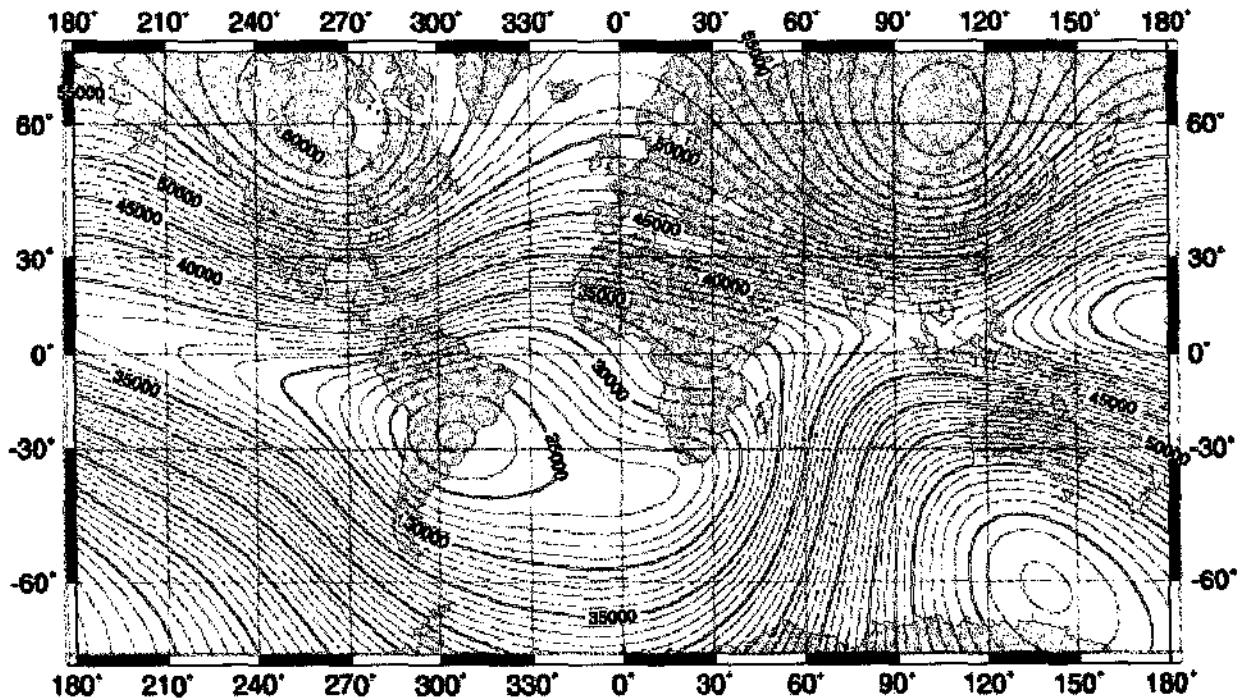
A Anomalia Magnética do Atlântico Sul se torna importante, porque as astronaves nessas órbitas passam periodicamente por essa zona. O intenso fluxo de partícula nessa região requer proteção mais intensa para a tripulação.

A região englobada pela Anomalia Magnética onde existe o menor intensidade de Campo Geomagnético Total F na Superfície Terrestre, pode ser visualizada na figura 3 - 3.





US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000 Total Intensity - Main Field (F)



Units : nanoTeslas
Contour Interval : 1000 nanoTeslas
Map Projection : Mercator

Figura 3-3 – Anomalia Magnética do Atlântico Sul
Fonte: http://geomag.usgs.gov/frames/mag_charts.htm



CAPÍTULO 4

Métodos de Aquisição Processamento e Análise de Dados

O Campo Geomagnético não pode ser medido diretamente, sendo necessária à interação do Campo em outros processos físicos para produção de efeitos mensuráveis. Além disso, devido a grande extensão espacial do campo com relação às dimensões dos sensores, apenas medidas pontuais são obtidas.

O equipamento utilizado para medir o Campo Geomagnético é chamado magnetômetro. Devido a grande variedade de fenômenos que respondem a Campos Magnéticos, existe uma grande variedade de magnetômetros, cada um com suas vantagens distintas. Neste trabalho, discutiremos alguns tipos de magnetômetros que são utilizados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS.

Magnetômetro Fluxgate (núcleo saturado)

Neste equipamento, um núcleo altamente permeável, de fácil saturação, é utilizado para amplificar o sinal do Campo Magnético obtido. A propriedade de histerese do núcleo saturável é utilizada pela imposição de um campo oscilante intenso, que é cancelado pelo campo local. A intensidade do Campo Geomagnético é obtida pela geração de harmônicos de distorção no campo de saída, medidos pelo sensor secundário ao redor do núcleo. A quantidade de interesse é o segundo harmônico da frequência de excitação, gerado no range de saturação linear do sensor.

Um Campo Geomagnético ambiente H_0 é sobreposto a um campo de excitação senoidal A , $A \gg H_0$, no qual A é ajustado para ser tão grande quanto necessário para saturação do núcleo de alta permeabilidade. O cancelamento do campo assimétrico causado pela adição do campo ambiente, H_0 , resulta numa distorção da forma da variação da densidade de fluxo magnético B , unindo-se a uma segunda bobina censora enrolada ao redor do núcleo. Esta distorção da variação de B com relação ao tempo, t , contém harmônicos pares





em suas componentes de Fourier. A função do campo de entrada pode ser aproximada como $B(t) = a(H_0 + H_e) + b(H_0 + H_e)^3 + c(H_0 + H_e)^5$, onde H_e é o campo de excitação e a , b e c são constantes.

Os harmônicos, a partir do terceiro, podem ser desconsiderados, pois são consideravelmente menores do que o segundo. Com um filtro de banda estreita, este segundo harmônico de saída é selecionado para tomar-se a medida do campo ambiente, H_0 , depois de serem comparados a um segundo harmônico "artificial" a partir de uma duplicação da oscilação de excitação original. Com uma oscilação de excitação de aproximadamente 700 c/s, uma variação de $1-\gamma$, do campo ambiente, produz uma saída de aproximadamente $25 \mu\text{V}$. Para medidas de sinais fracos, são utilizados dois núcleos em direções opostas no circuito de excitação, e uma bobina secundária cercado ambos. As duas contribuições primárias, nas bobinas com núcleo saturado postas em direções opostas, são então canceladas - Figura 4-1.

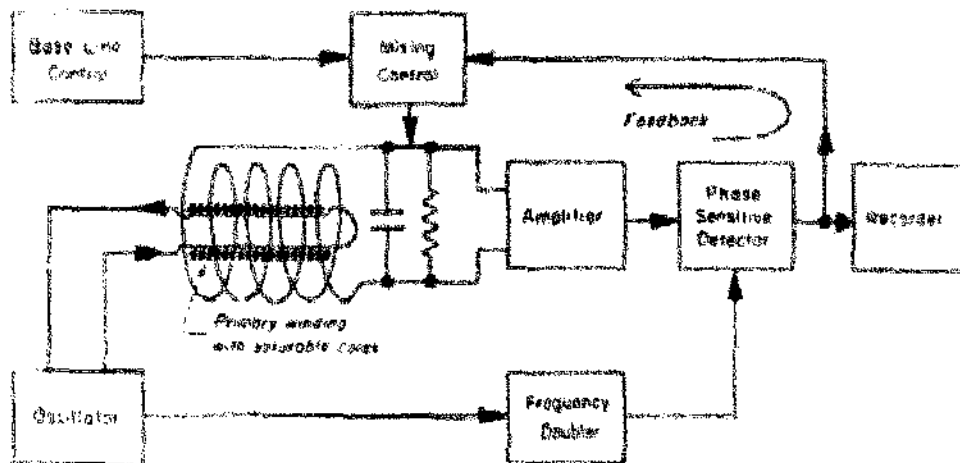


Figura 4-1 – Magnetômetro Fluxgate para medida direcional do Campo Geomagnético. (Campbell, 1997)

Magnetômetro de Precessão de Prótons

Se um fluido rico em prótons tal como querosene, combustível de avião, heptano, etc. é colocado em um Campo Magnético os prótons irão alinhar-se





ao longo do vetor Campo Magnético. O Campo Magnético é induzido no sensor pressionando-se um botão. Então este campo é repentinamente removido. Prótons, que se comportam como giroscópios elementares, iniciarão a precessão ao redor do Campo Magnético restante - o Campo Magnético Terrestre. A frequência de precessão é diretamente proporcional ao Campo Magnético da Terra. O magnetômetro conta esta frequência, divide ela por uma constante apropriada para obter um valor em gamas e mostrar a leitura, calculando o Campo Geomagnético através da seguinte relação:

$$B_E = \frac{2\pi}{\gamma_P} \nu$$

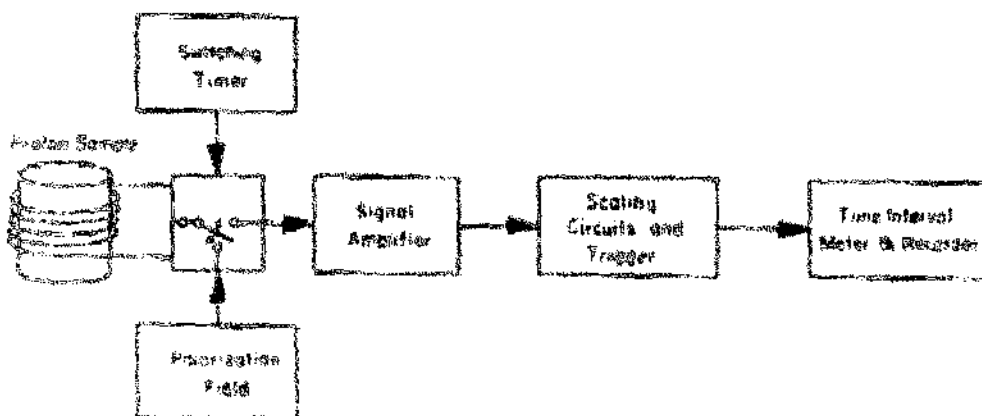


Figura 4-2 – Magnetômetro de próton para medida do Campo Geomagnético total. A bobina ao redor da amostra é utilizada para alinhar os prótons e detectar o período de precessão dos mesmos. (Campbell, 1997)

Todas as medidas do Campo Magnético Terrestre envolvem a determinação da magnitude e direção do campo vetorial F , - ambas características dependem do tempo. Três direções são necessários para estas medição: horizontal H - Norte-Sul -, D - Leste-Oeste - e Z - vertical para baixo. A dinâmica das variações do Campo Magnético Terrestre são grandes, variando-se desde períodos de alguns séculos até variações rápidas, com períodos de milissegundos. Devido a grande variação, das componentes do campo, vários instrumentos tem sido desenvolvidos para realizar medidas ou



seqüência ortogonal de janelas, que minimizam o vazamento do espectro estimado, fazendo a transformação de Fourier nas auto-janelas.





CAPÍTULO 05

Análise e Resultados

Atividades do Bolsista

Durante o trabalho na área de Geomagnetismo, desenvolvido no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/UFSM e no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT, o bolsista desenvolveu e participou das seguintes atividades.

- Realizou visitas semanais ao Observatório Espacial do Sul OES/CRSPE/INPE - MCT para manutenção dos equipamentos e para a coleta de dados.
- Participou da leitura e discussão do manografo: "Introduction to Geomagnetic Fields - Wallace H. Campbell".
- Participou da leitura e discussão do livro: "Instrumentos Geomagnéticos - Fritz Primdahl".
- Com os dados que são coletados na Estação Geomagnética de São Martinho da Serra o bolsista analisou catalogou e fez gráficos das variações Impulsivas da componente H do Campo Magnético Terrestre.
- O bolsista vem estudando também a física da Magnetosfera, com a leitura de artigos, revistas e livros indicados pelo orientador.
- O bolsista vem usando algumas técnicas de análise de dados que foram descritas na sessão anterior.
- Com toda a análise dos melhores eventos da Estação Magnética de São Martinho da Serra, foi estendido o nosso estudo numa comparação com dados de outras Estações Magnética, no caso principalmente da Estação Magnética de Vassouras – VSS -, -2.40° N, 316.35° E -, e Korou - KOU - 2.21° N, 307.27° E.
- Fez se um estudo das pulsações Impulsivas encontradas na Estação Magnética de São Martinho da Serra no período de Setembro de 2000 à





- dezembro de 2001. Foram selecionados 34 eventos Impulsivos, e feito uma comparação com Vassouras e Korou.
- Na comparação descrita no item anterior observamos que alguns eventos Impulsivos não seguem a generalidade descrita na literatura, ou seja, encontramos alguns eventos em que as amplitudes em São Martinho da Serra são maiores do que nas demais Estações Magnéticas.
- Plotamos um gráfico com a amplitude das Pulsações Impulsivas contra o valor do Campo Total F, especificado na figura 5 - 1, nele observamos em maioria dos eventos que a amplitude das Pulsações Impulsivas vão diminuindo a medida que o Campo Total F aumenta.

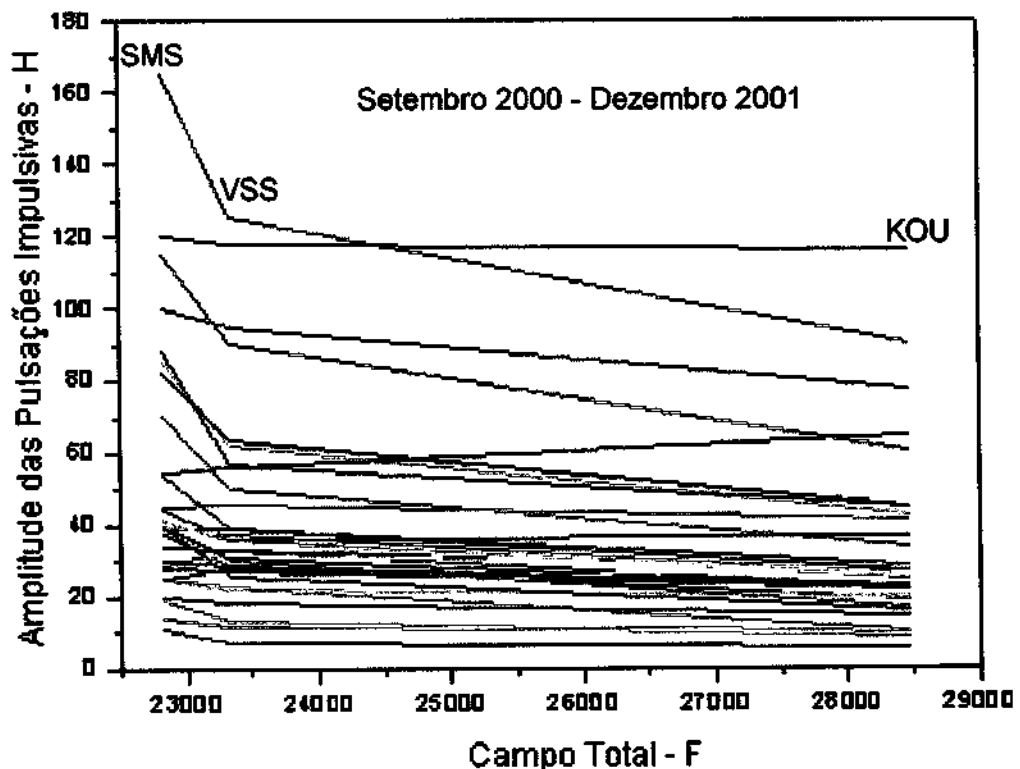


Figura 5-1- Estatística de pulsções Impulsivas para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS -, Vassouras - VSS -, Korou - KOU.

Encontram-se em anexo gráficos referentes a um longo período de dados analisados, não somente os que foi usado para construir o gráfico 5-1,



mas se tentou mostrar nos gráficos em anexo as diferentes formas de se observar as pulsações Impulsivas.

A conversão dos dados geomagnéticos foi feita usando o programa Narod, que faz esta conversão de um arquivo de 24 aquisições que corresponde a um dia de aquisição, e os transforma para um arquivo só, referente ao dia de aquisição, e no programa mesmo se tem a opção de fazer o gráfico e assim fica mais fácil o estudo, pois se já temos a evidencia de algum evento magnético podemos filtra-lo em diferentes periodos e encontramos o que estamos procurando.

Foram convertidos dados de Janeiro de 2001 a dezembro de 2002 das Estações Magnéticas de São Martinho da Serra – sms -, - 29.43° S, 53.82° W -, Eusébio - eus -, - 3.52° S, 38.26° W -, São Luiz – slz -, - 2.56° S, 44.37° W -, Ji-Paraná - 10.45° S, 62.35° W -, e Belém.

Verificou se todos os eventos neste período na Estação Magnética de São Martinho da Serra, e também após selecionados os melhores eventos pelas suas amplitudes, foi feito um estudo comparativo com as demais estações para verificar quantos eventos são devido a precipitação de elétrons devido ao Campo Magnético mínimo na região de São Martinho da Serra.

No final do relatório encontra se o anexo referente a trabalho apresentado nas Jornadas acadêmica e integrada da Universidade Federal de Santa Maria, no Seminário de Iniciação Científica do INPE - CICINPE - e XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE.

Perspectivas Futuras

Devido ao término do curso de graduação em Física, e com isso o ingresso no curso de mestrado em Geofísica Espacial no INPE, conforme seleção prestada em dezembro de 2003, o bolsista está encaminhando, o relatório final de suas atividades junto ao programa PIBIC/CNPq-INPE.

A bolsa foi substituída ao aluno Eduardo Andrighetto, o qual vai continuar realizando medidas das variações geomagnéticas que ocorrem na região da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul, e também continuar





estudando as características das pulsações impulsivas, na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e na região afastada desta.

Com o ingresso no curso de Geofísica Espacial o bolsista pretende continuar o estudo de ciências Espaciais, e com certeza a Iniciação Científica vai ajudar bastante na base deste estudo.

O bolsista deve continuar auxiliando sempre que necessário os alunos que trabalham no grupo de Geomagnetismo junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, sempre que for pedida a sua colaboração.



CAPÍTULO 06

Conclusões

Este trabalho tentou enfatizar as pulsações Impulsivas que ocorrem nas proximidades do Centro da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, observadas na Estação Magnética de São Martinho da Serra, junto ao Observatório Espacial do Sul, bem como o que ocorre a medida em que o Campo Total F aumenta.

No estudo realizado para o período descrito anteriormente, montamos uma estatística de ocorrência das Pulsações Impulsivas, o qual já havia sido feito para as Pulsações Contínuas como descritos nos relatórios anteriores. Selecionamos os melhores 34 eventos Impulsivos na Estação Magnética de São Martinho da Serra, e fizemos um estudo comparativo com Vassouras e Korou, no qual comprovamos como mostra a figura 5-1, que a maioria dos eventos Impulsivos observados possuem a característica de diminuir a medida em que se afasta das proximidades do centro da AMAS, ou seja, essas pulsações Impulsivas vão diminuindo em amplitude a medida em que o Campo Total F aumenta.

As características destes eventos Impulsivos descritos anteriormente, acredita-se ser devido ao fenômeno da precipitação de elétrons na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul. Devido à substituição do bolsista, por motivo de ingresso no curso de mestrado em Geofísica Espacial, este estudo será continuado por outro bolsista e apresentado posteriormente, para se verificar se continuam a ser observadas estas mesmas características, para um período maior.





CAPÍTULO 07

Bibliografia

Amarante, J. A. A. General Topics on Geomagnetism and Studies of the Occurrence of Micropulsations in São José dos Campos. Relatório interno do INPE / LAFE – 48, 1966.

Campbell, W. H. Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, New York, 1997.

Jankowski, J e C. Sucksdorff, Guide for magnetic measurements and observatory practice, International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Boulder, 1996.

Kirchhoff, V. W. J. H. Introdução à Geofísica Espacial, Ed. Nova Estella.

Pereira, O. J. Estudos de Polarização de Pulsações Magnéticas na Faixa Pc3 a Pc5 Observadas em Santa Maria e Eusébio, 1993, dissertação de Mestrado INPE.

Primdahl, F., Instrumentos Geomagnéticos, Publicações do Observatório Nacional, Publicação Especial, Nº 09, 1986.

Schuch, N. J.; Adaime, S. F.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; Costa, J. M.; Kirchhoff, V. M. J. H.; Dutra, S. L. G.; Sobral, J. H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.; Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/INPE, Revista Brasileira de Geofísica; Vol. 15, 65-70, 1997.

Trivedi, N.B.; D. B. Rai, I. M. Martin, J. M. Da Costa, - Particle precipitation in Brazilian Geomagnetic Anomaly during magnetic storms. Planet. Space Sci., 21:1699-1704 , 1973.

Zmuda , A . J. , Ionization enhancement from Van Allen electrons in the South Atlantic geomagnetic anomaly, J. Geophys. Res., 71, 1911-1917, 1966.

Mendes A. M., S. Ananthkrishnan, VLF phase changes produced by particle precipitation into the geomagnetic anomaly during solar proton events, Radio Science, 7 (4), 465-468, 1972.



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – RSU/INPE - MCT

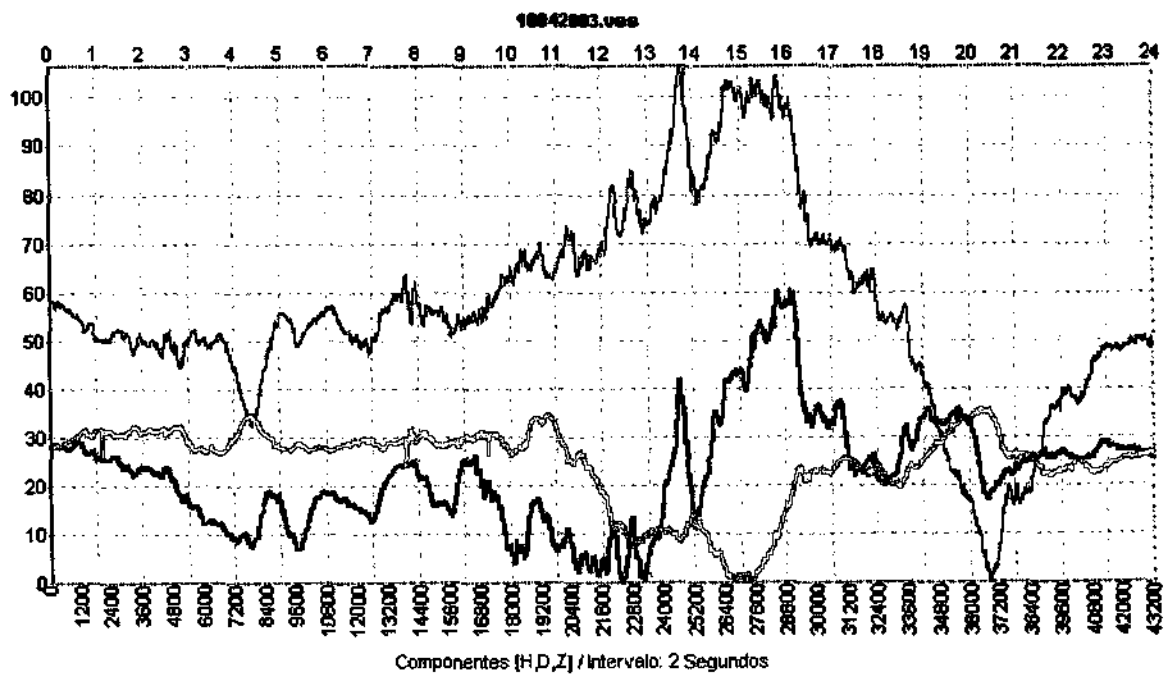
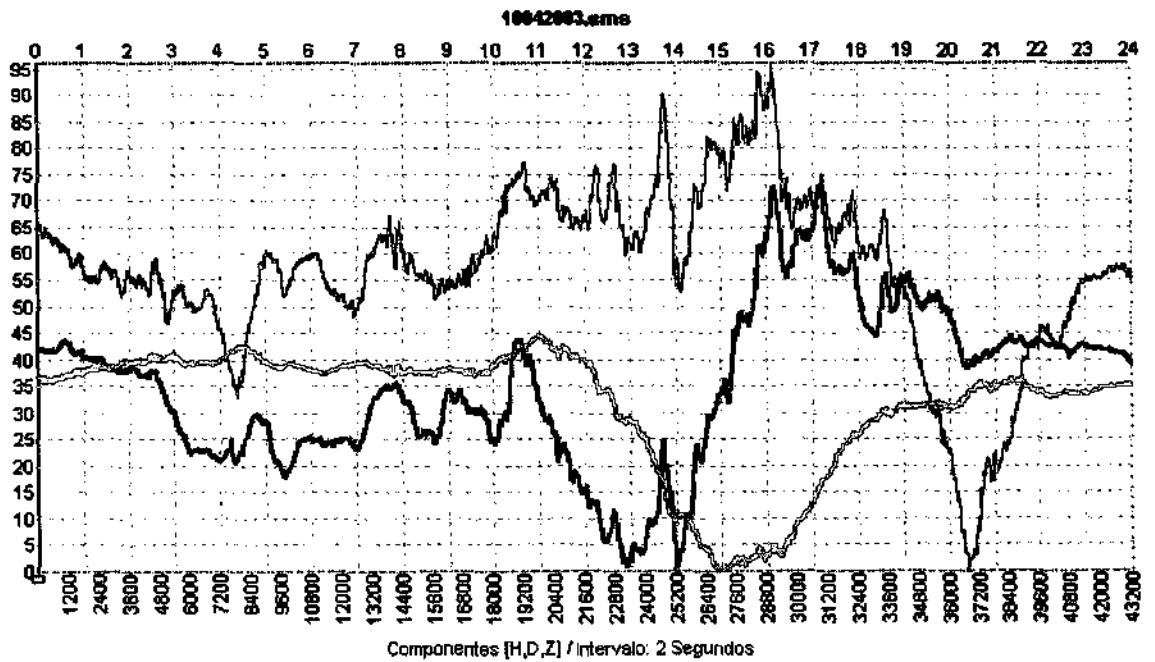
Roederer, J. G., Dynamics of geomagnetically trapped radiation ,
Springer-Verlag, 1970.



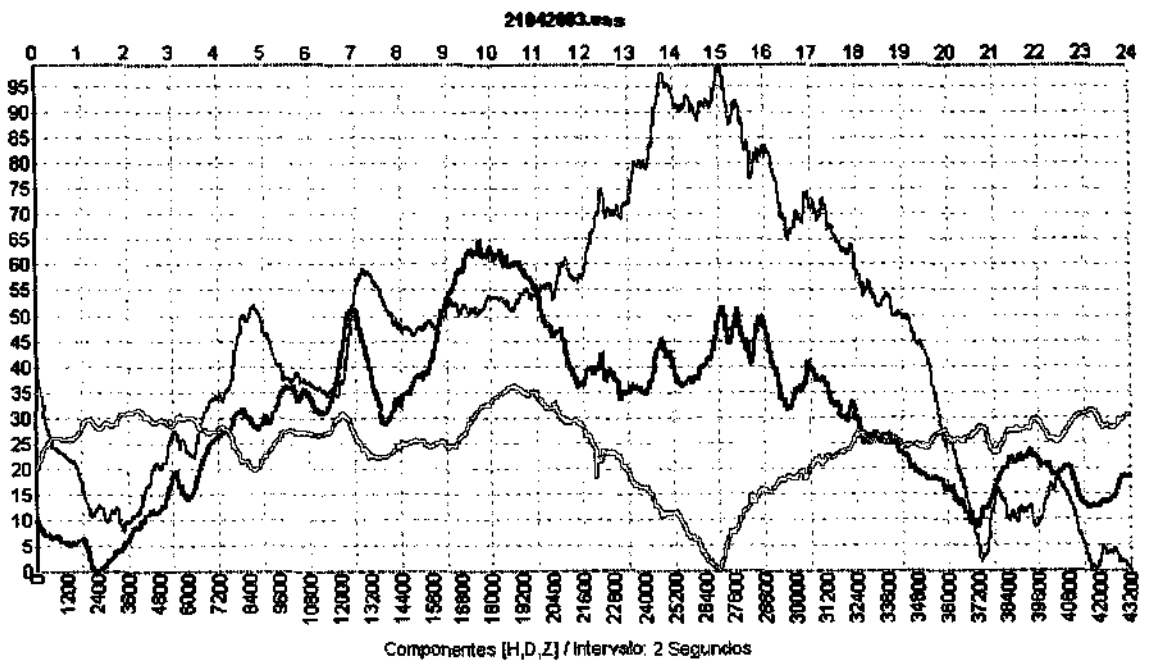
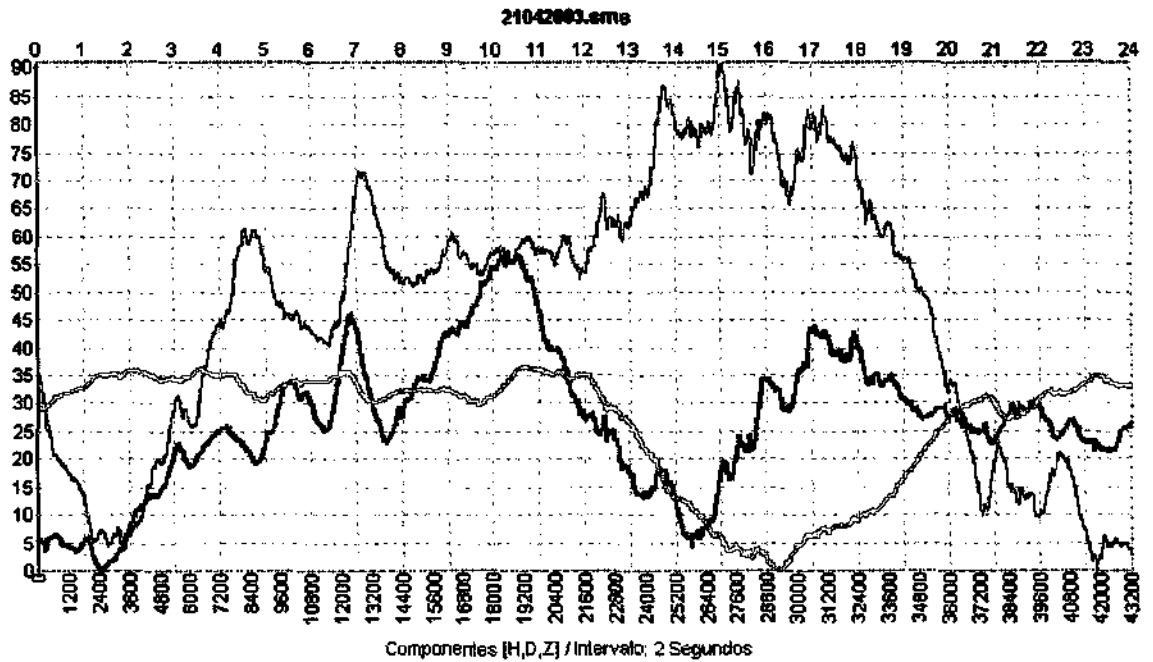


Anexos



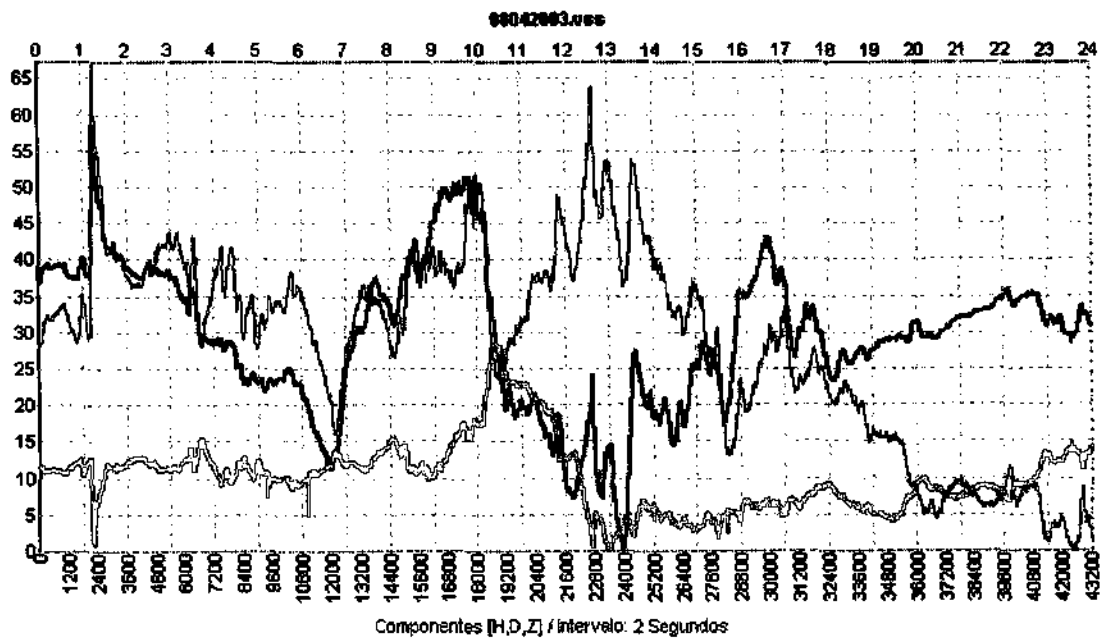
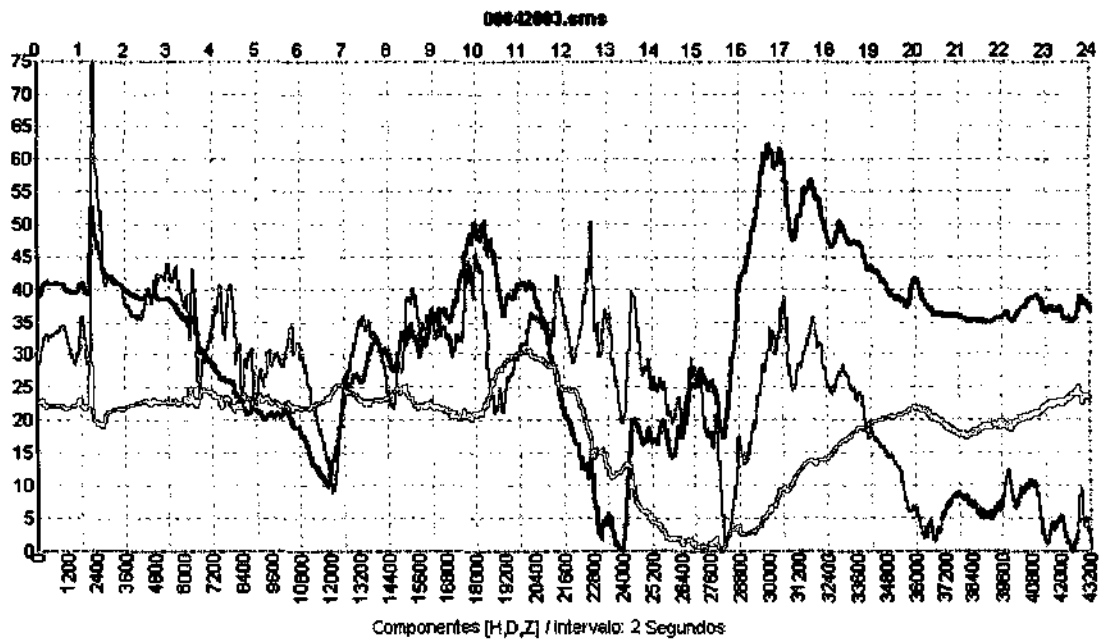


Anexo 1 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, referente ao dia 10042003.



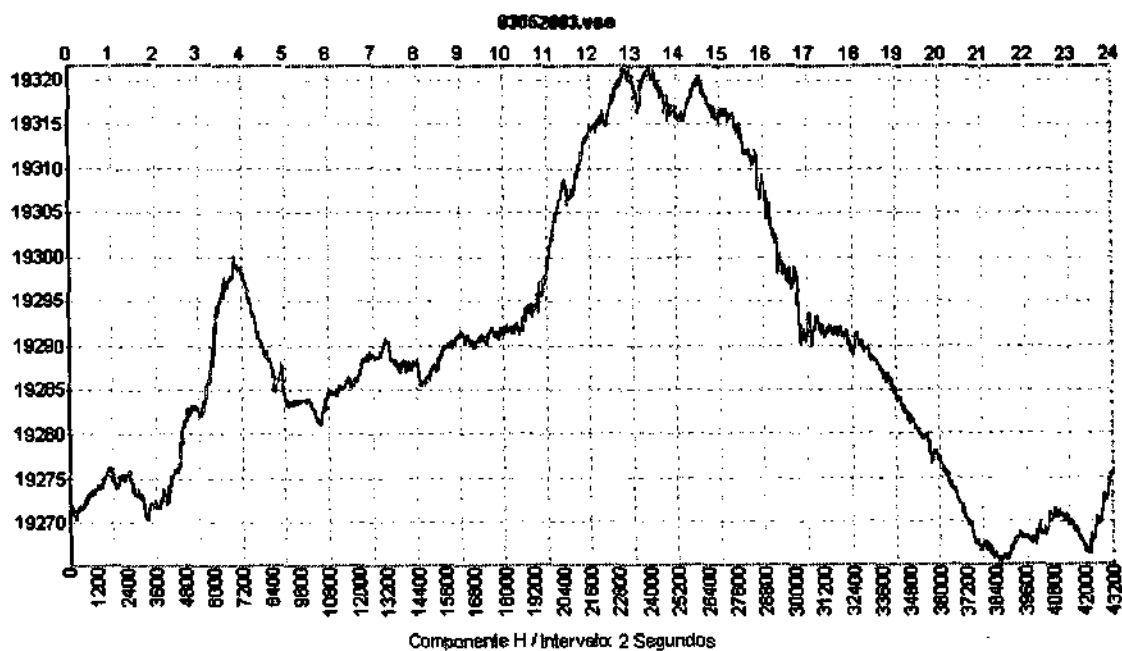
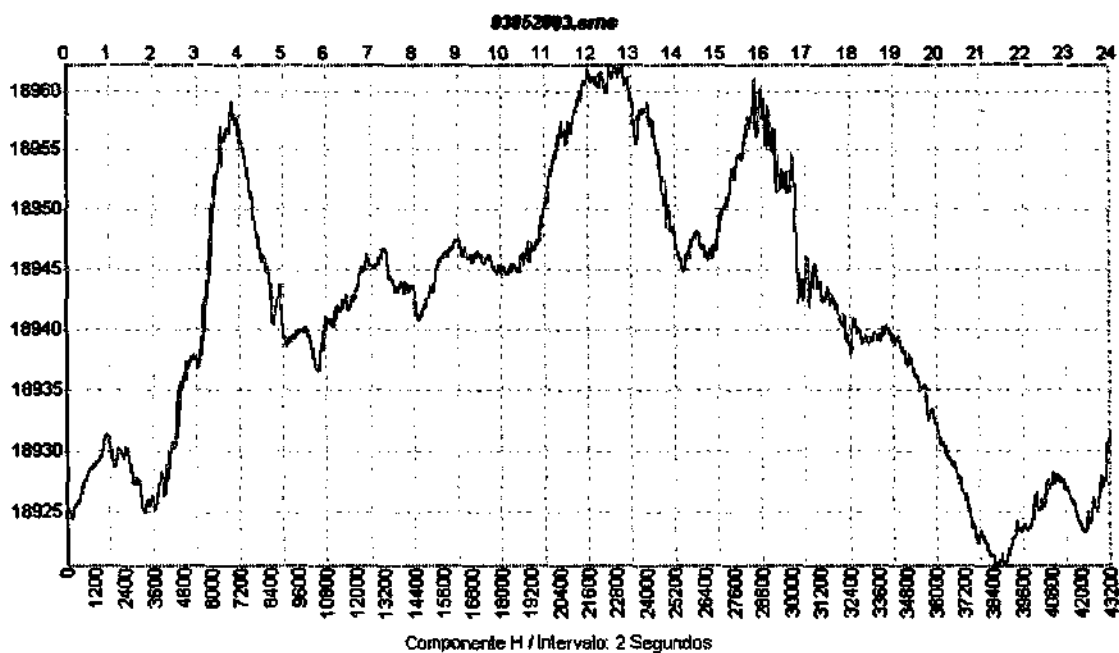
Anexo 2 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, referente ao dia 21042003.



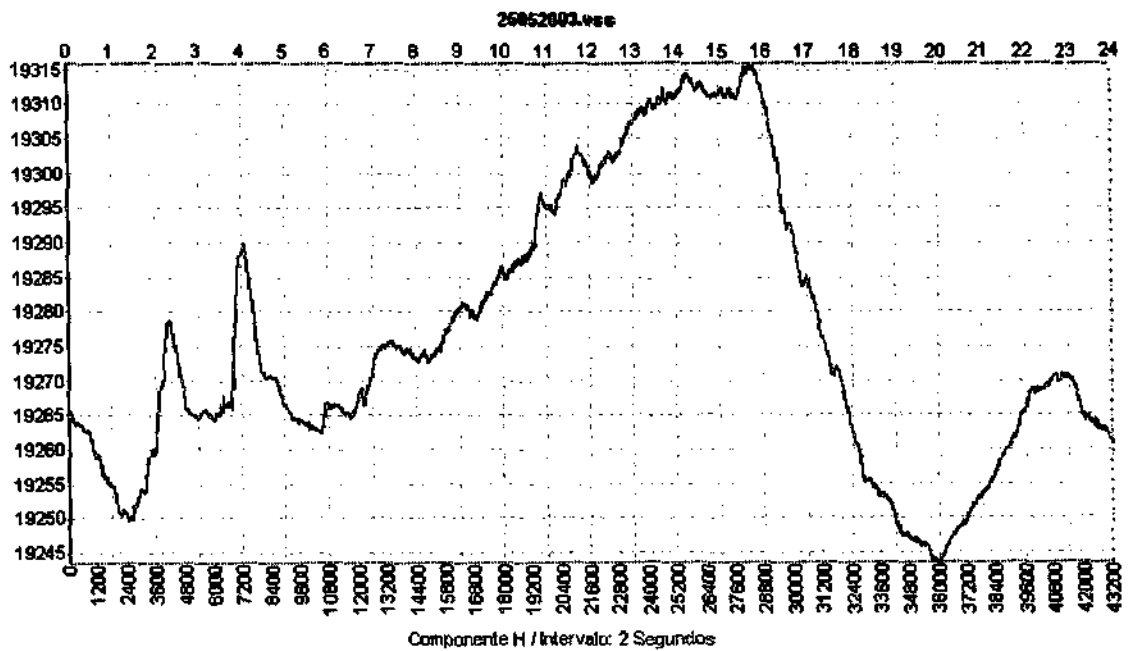
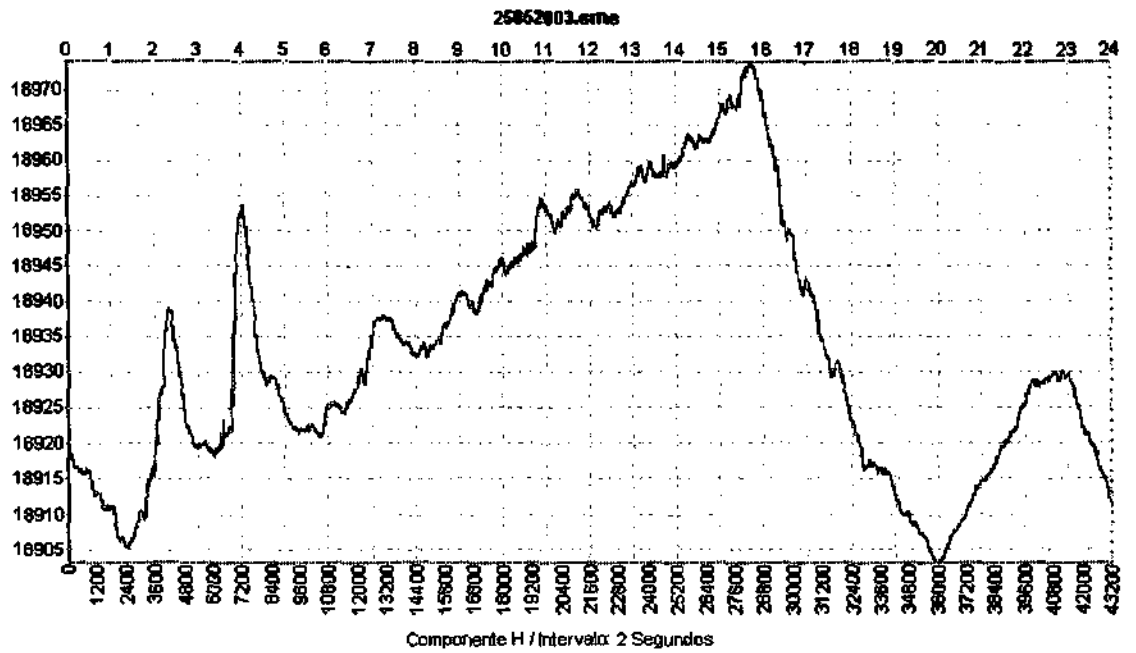


Anexo 3 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, referente ao dia 08042003.

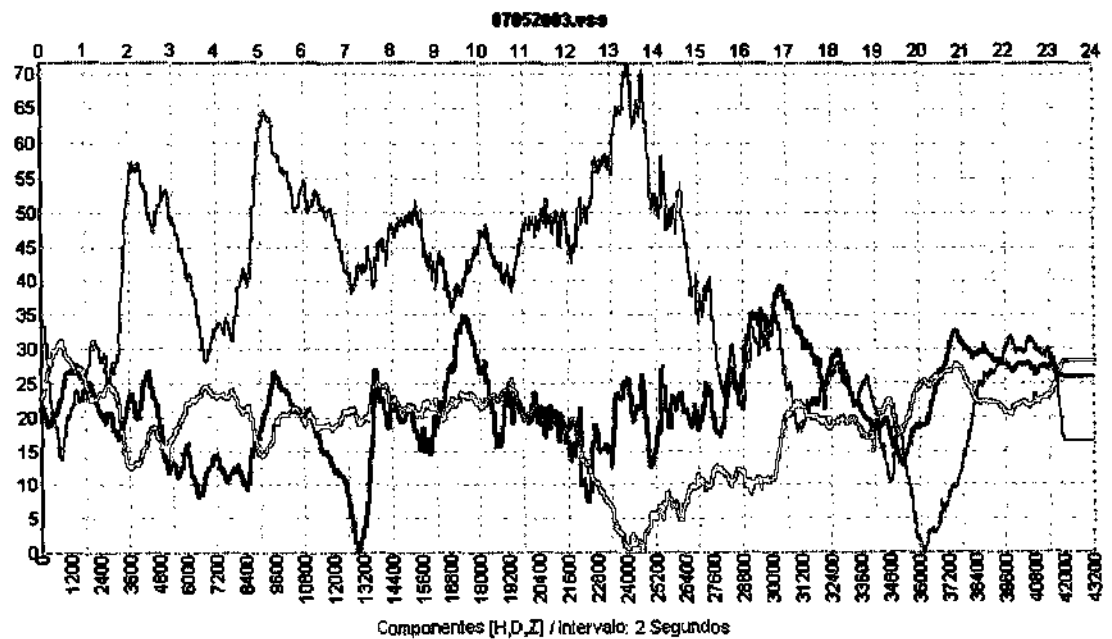
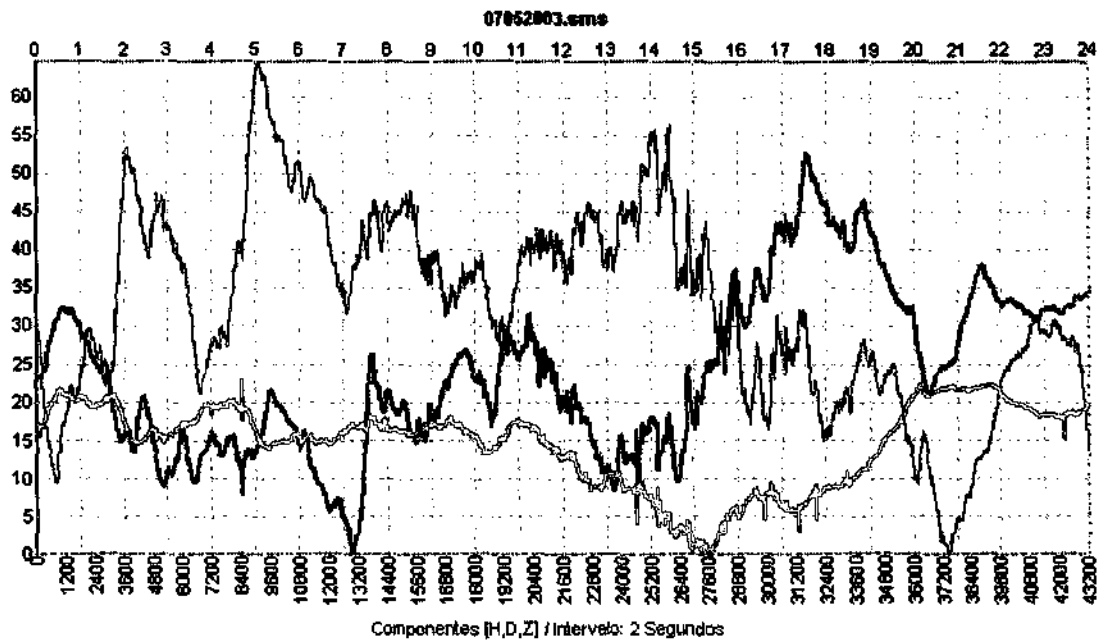




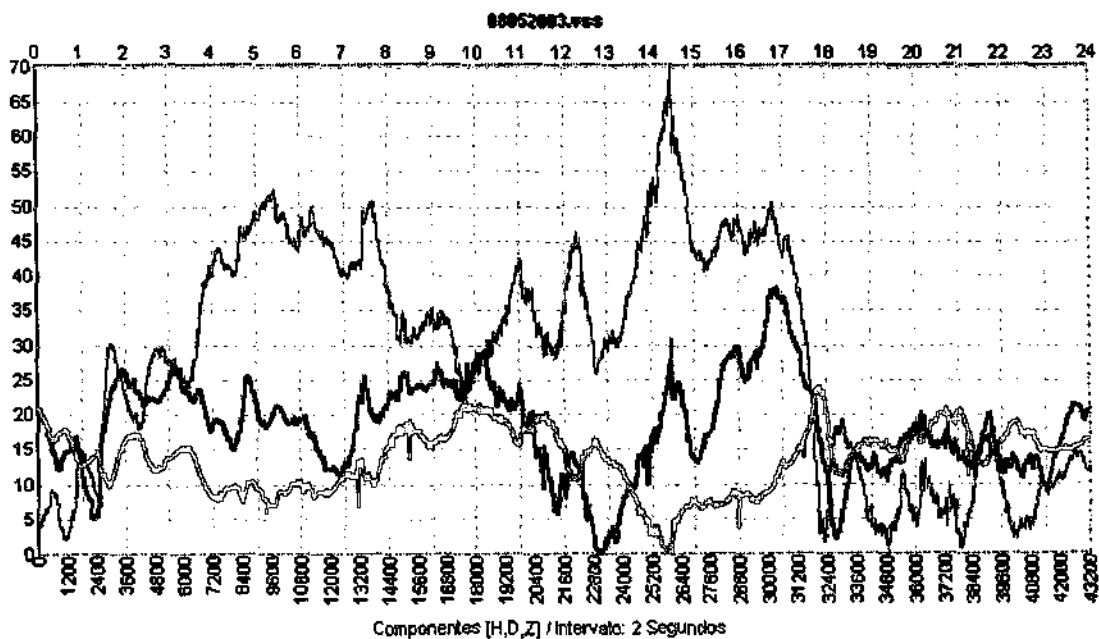
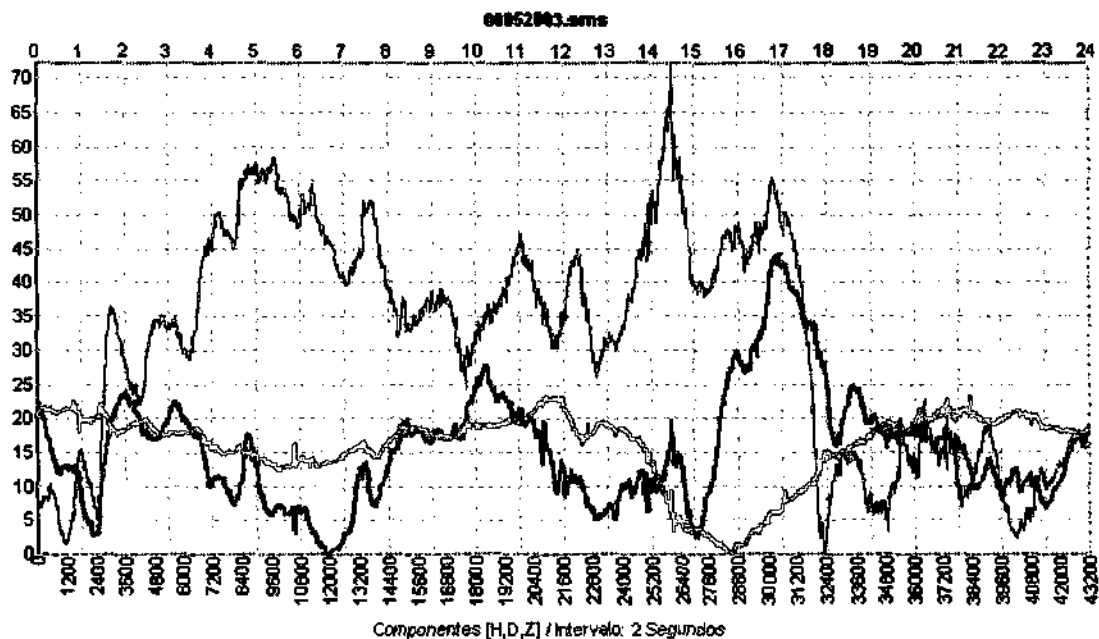
Anexo 4 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, referente ao dia 03052003.



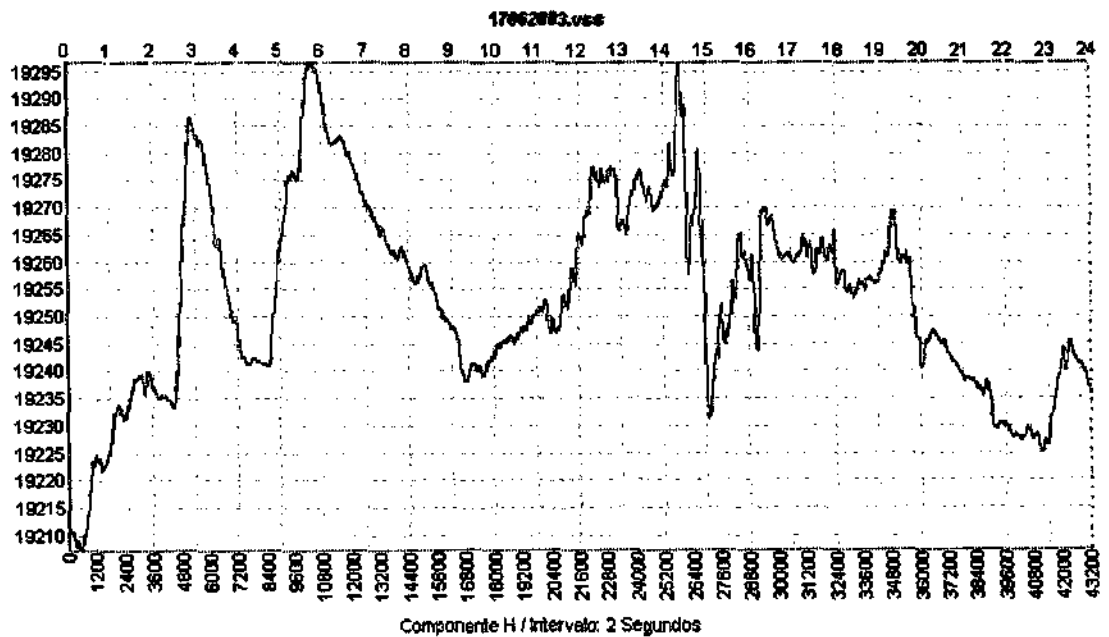
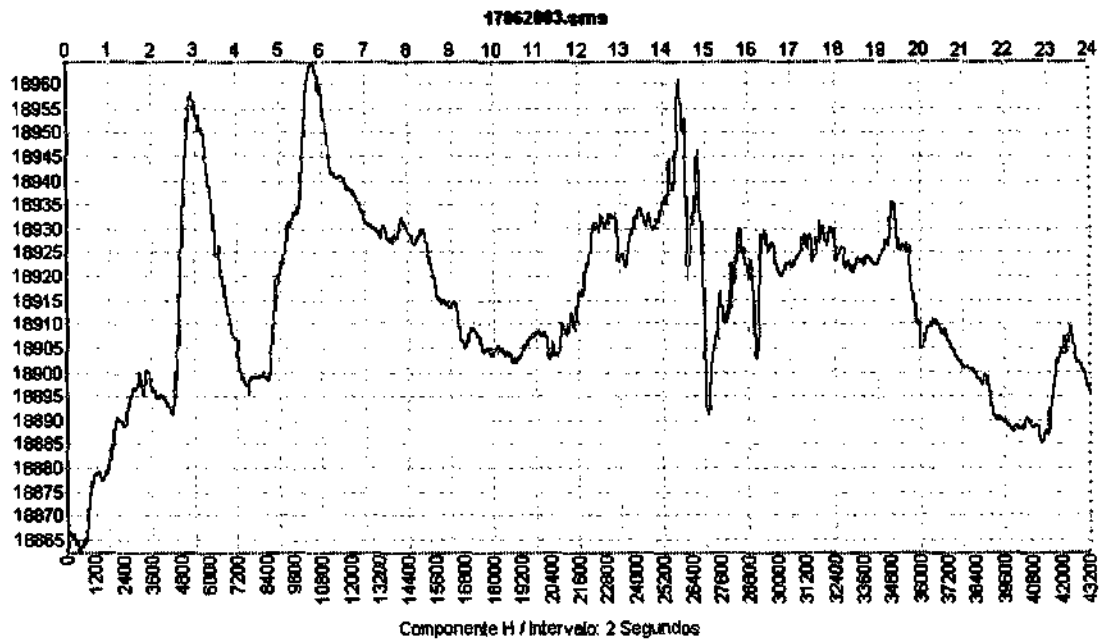
Anexo 5 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, referente ao dia 25052003.



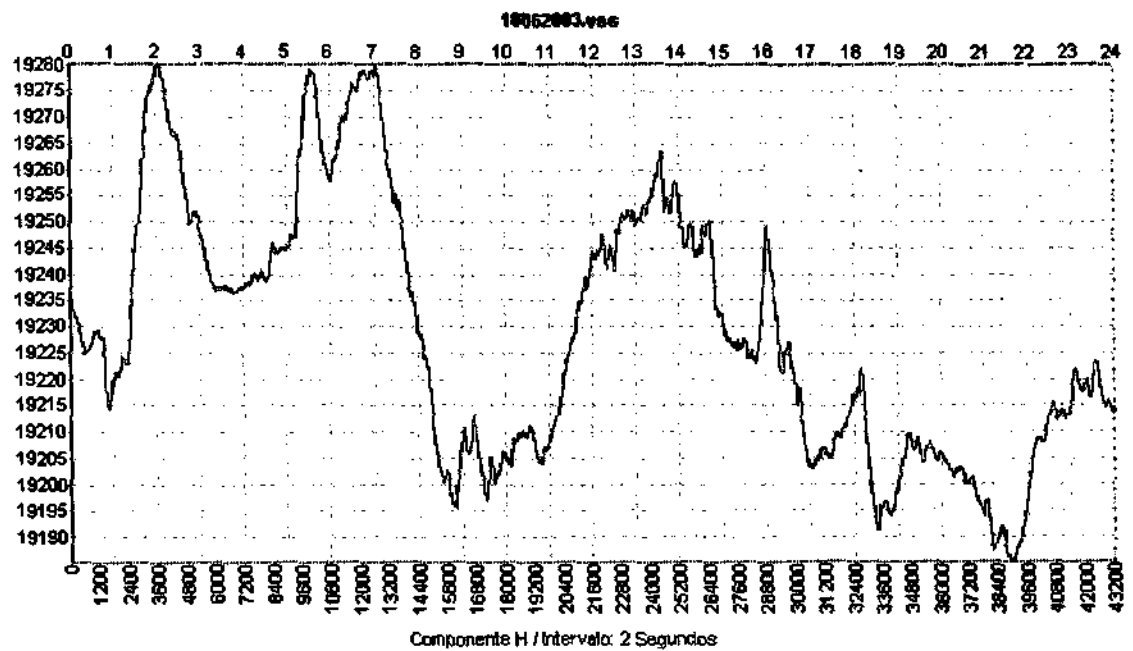
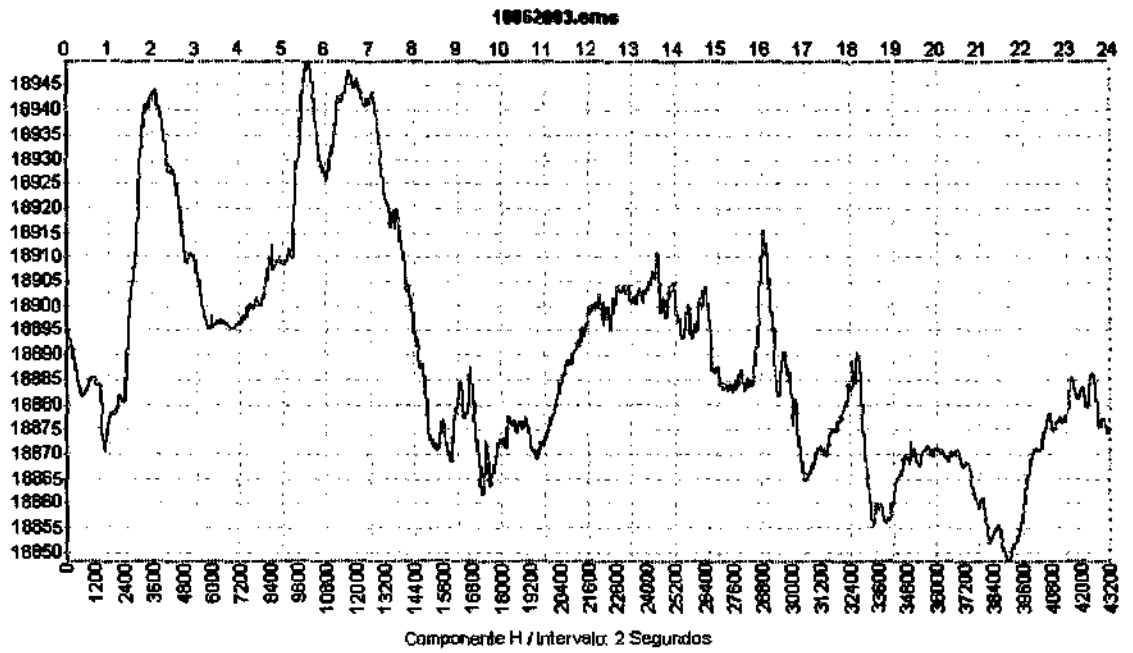
Anexo 6 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, dia de uma Tempestade Magnética, referente ao dia 07052003.



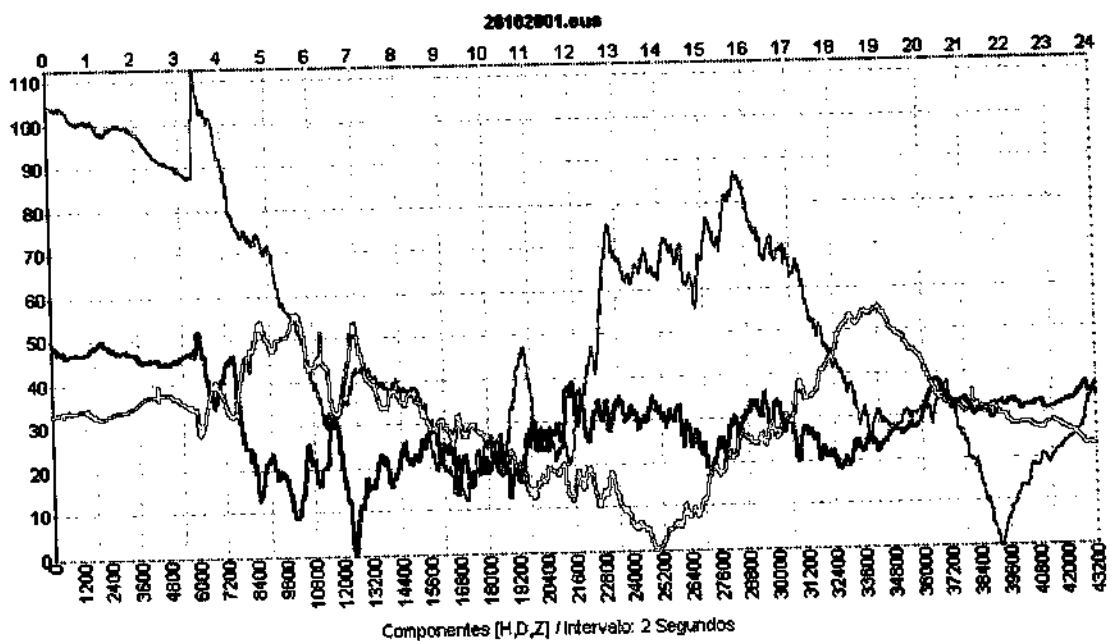
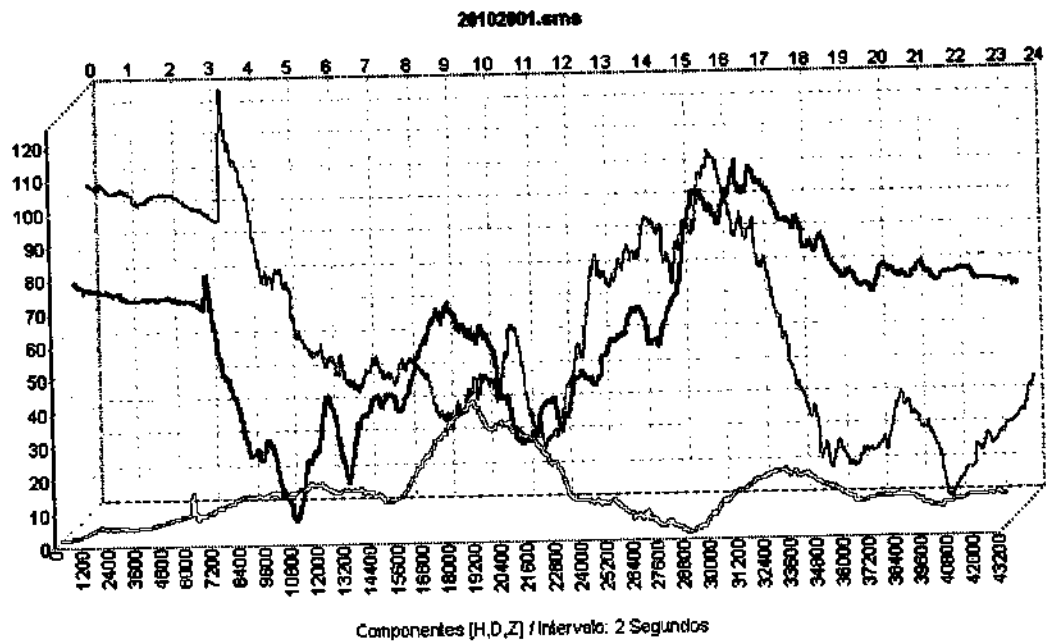
Anexo 7 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, continuação da Tempestade Magnética, referente ao dia 08052003.



Anexo 8 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, pulsação Impulsiva antecedendo uma Tempestade Magnética, referente ao dia 17062003.

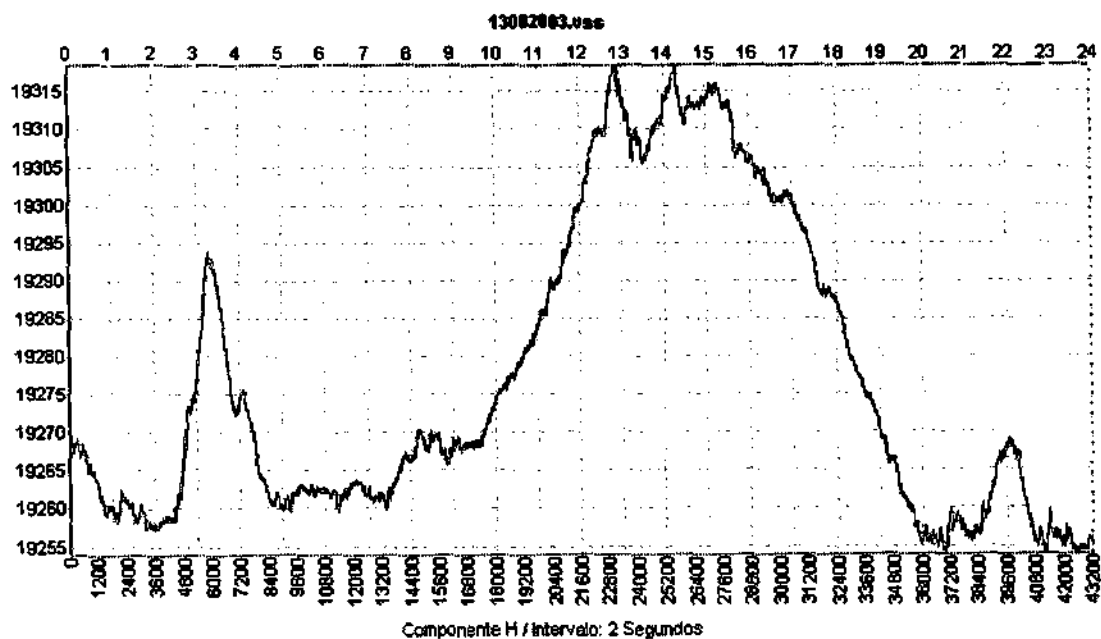
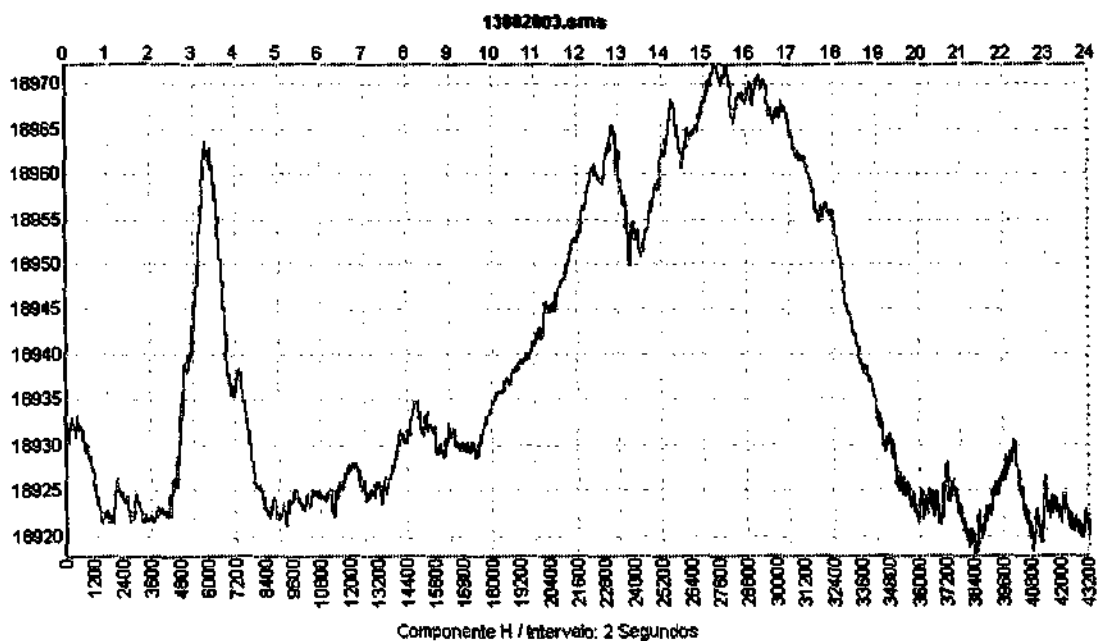


Anexo 9 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, pulsação Impulsiva, referente ao dia 18062003.



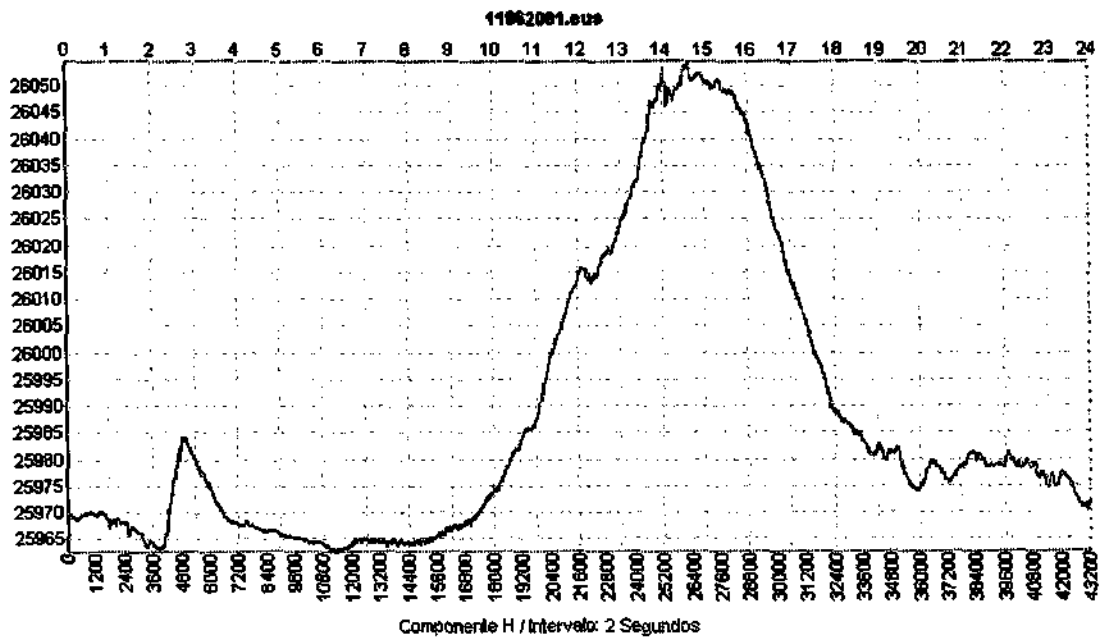
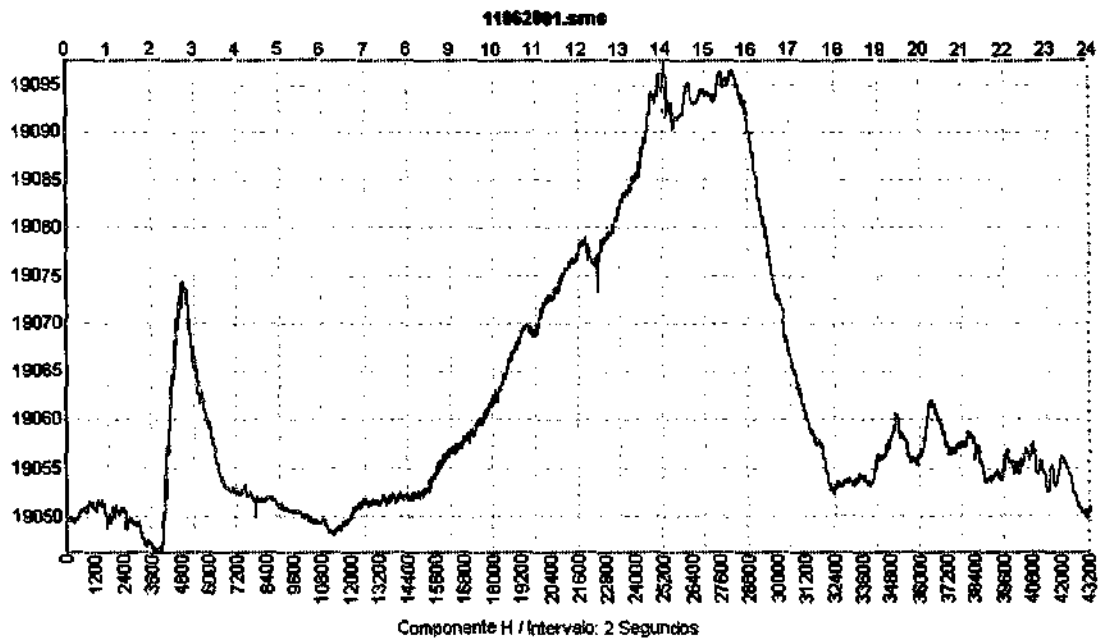
Anexo 10 (a-b) - Variação nas componentes H - Verde -, D - Azul - e Z - Vermelho - do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Eusébio - EUS -, SMS vista em três dimensão e EUS vista em uma dimensão, referente ao dia 28102001.



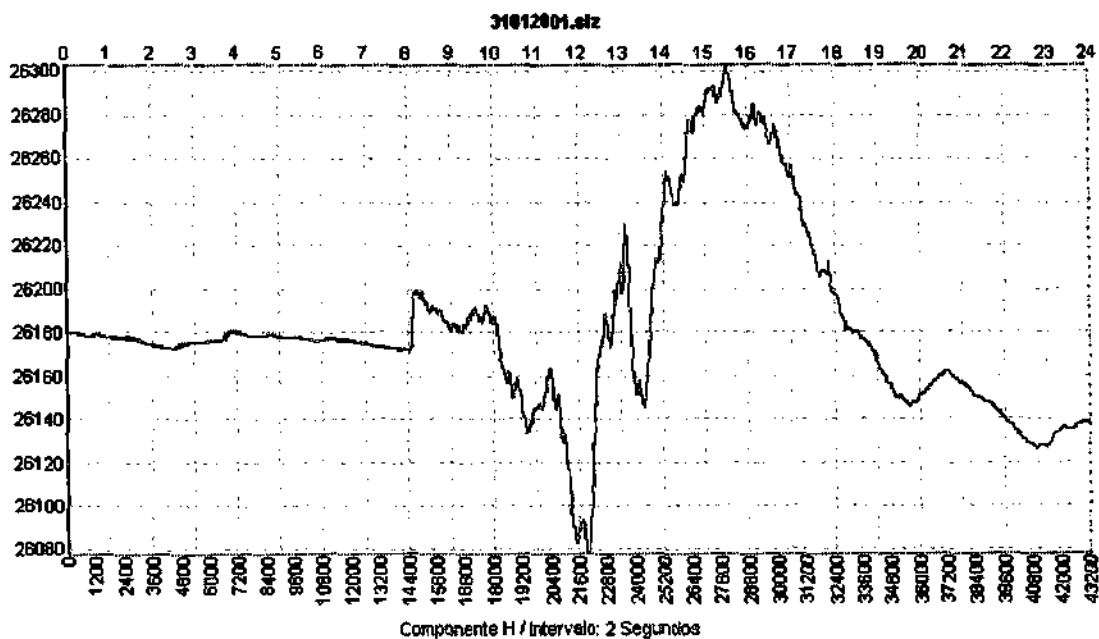
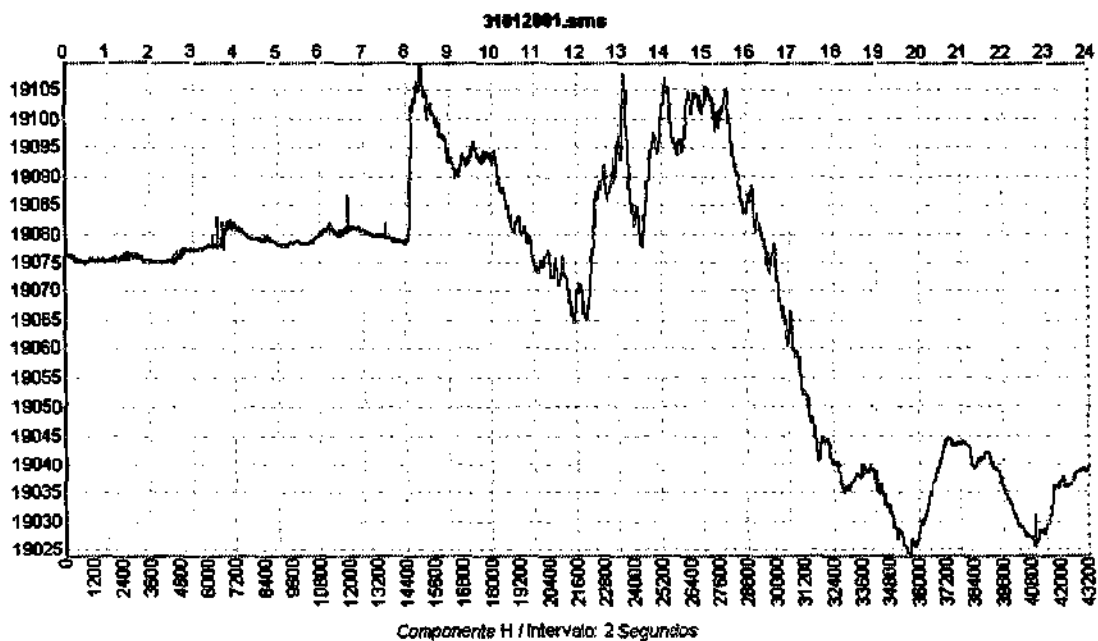


Anexo 11 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Vassouras - VSS -, pulsação impulsiva, referente ao dia 13082003.





Anexo 12 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e Eusébio - EUS -, pulsação Impulsiva, referente ao dia 11062001.



Anexo 13 (a-b) - Variação na componente H do Campo Magnético Terrestre, para as Estações Magnéticas de São Martinho da Serra - SMS - e São Luiz - SLZ -, pulsação Impulsiva, referente ao dia 31012001.



FLUXO DE PLASMA SOLAR E CAUSAS DE SUA INTERAÇÃO COM O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE ⁴

Silvio Buchner⁵ Nalin B. Trivedi⁶ Everton Frigo⁷ Morgana S. Franco⁵ Nelson J. Schuch⁶

O fluxo de plasma, liberado pelo Sol em fenômenos solares, constitui o chamado vento solar que se propaga, em difusão, por todo o meio interplanetário expandindo – se desde o Sol até além dos limites do sistema solar. Quando o Vento Solar alcança as proximidades da Terra encontra um obstáculo em sua propagação natural, devido à presença do Campo Geomagnético, acabando por ser desviado de sua trajetória, contornando e modificando os limites de ação do Campo Magnético Terrestre o qual acaba por se confinar em uma cavidade (denominada de Magnetosfera Terrestre) cuja região de fronteira com o domínio do Campo Magnético Interplanetário é denominada Magnetopausa. Na região terrestre sub - solar há uma compactação das linhas do Campo Geomagnético em consequência da pressão exercida pelo Vento Solar que chega do Sol, em complementação a esse fenômeno, do lado anti - solar o fluxo do vento cria o efeito contrário, arrastando e alargando as linhas do Campo Magnético Terrestre, dando origem a uma espécie de longa cauda Magnética com centenas de raios terrestre em extensão. Quando, eventualmente, acontece um grande evento emissivo de massa no Sol, há uma consequente aceleração e adensamento no fluxo do Vento Solar. Quando essa perturbação atinge a vizinhança da Terra uma frente de choque surge na Magnetopausa e gera uma perturbação no Campo Geomagnético, detectável desde o solo por sensores apropriados (Magnetômetros) . Estas perturbações que ocorrem no Campo Magnético Terrestre estão sendo monitoradas e analisadas no Observatório Espacial do Sul, OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra, situado na região central da Grande Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e sendo estudadas por pesquisadores do INPE e da UFSM em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (LACESM). Está se fazendo um estudo para se elucidar quais os processos físicos que estão ocorrendo na Magnetosfera Terrestre e quais os mecanismos de geração e propagação até a superfície da Terra.

⁴ Pesquisa Financiada - PIBIC/CNPq/INPE, UFSM

⁵ Autor - Acadêmico do Curso de Física, LACESM/UFSM

⁶ Orientador, Universidade Federal de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM

⁷ Acadêmico do Curso de Física - LACESM/UFSM

⁵ Acadêmica do Curso de Física - LACESM/UFSM

⁶ Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE – UFSM

Anexo 14 - XVIII Jornada Acadêmica Integrada, UFSM, 14, 15 e 16 de outubro de 2003





ESTUDO DAS PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS DE PERÍODOS LONGOS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL - AMAS¹

Morgana Silva Franco² Nalin B. Trivedi³ Silvio Buchner⁴ Everton Frigo⁵ Nelson J. Schuch⁶

A Terra possui um campo de forças chamado de Campo Magnético Terrestre, circundando o Planeta. Aproximadamente 99% do seu total é gerado supostamente através de correntes elétricas que fluem na parte líquida do núcleo Terrestre, o restante é produzido por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas vizinhas ao Planeta. O Campo Geomagnético não é estável, apresentando variações temporais e espaciais, denominadas de pulsações geomagnéticas, que são classificadas em pulsações contínuas e pulsações impulsivas. As pulsações contínuas são classificadas em PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, e às pulsações impulsivas em PI1, PI2, PI3. Este trabalho tem como objetivo estudar as características das pulsações geomagnéticas de longos períodos, entre 100 a 1000 segundos e seu relacionamento com a precipitação de partículas carregadas de altas energias na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS. A metodologia empregada consiste na realização de medidas geomagnéticas continuamente, operando um magnetometro do tipo “fluxgate” na Estação Magnética de São Martinho da Serra – SMS, situada muito próximo ao centro da AMAS; a seguir processar os dados obtidos em São Martinho da Serra, detectando eventos de pulsações de longos períodos conhecidos na literatura como Pulsação Contínua do tipo – PC5-6 e Pulsação Impulsiva do tipo - PI3; estudar as características destas pulsações e entender os processos físicos envolvidos em sua geração. As amplitudes das pulsações obtidas na Estação Magnética de São Martinho da Serra são comparadas com as amplitudes das pulsações observadas nas estações fora da região da Anomalia. Estamos estudando a influência de pulsações - PC5 sobre os elétrons energéticos, nos cinturões de Van Allen, derivando sobre a Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e subsequente precipitação de elétrons na Atmosfera sobre a AMAS.

1 - Trabalho desenvolvido no LACESM/CT/UFSM e no OES/CRSPE/INPE

2 – Apresentador/Autor: Acadêmica do Curso de Física/LACESM/UFSM

3 – Orientador, Universidade Federal de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM

4 – Co-autor do Trabalho: Acadêmico do Curso de Física/LACESM/UFSM

5 – Co-autor do Trabalho: Acadêmico do Curso de Física/LACESM/UFSM

6 – Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE - MCT

Anexo 15 - XVIII Jornada Acadêmica Integrada, UFSC, 14, 15 e 16 de outubro de 2003





AQUISIÇÃO DE DADOS GEOMAGNÉTICOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL¹

Everton Frigo² Nalin B. Trivedi³ Silvio Buchner⁴ Morgana S. Franco⁵ Nelson J. Schuch⁶

O Campo Geomagnético Terrestre é gerado quase em sua totalidade no interior da Terra, e seu principal benefício é impedir que as partículas carregadas de alta energia emitidas continuamente pelo Sol, o chamado Vento Solar, atinjam a superfície da Terra. Quando as partículas constituintes do Vento Solar e a radiação ionizante conseguem penetrar na Magnetosfera e Ionosfera, ocorrem inúmeros fenômenos, e um desses fenômenos são as variações temporais e espaciais do Campo Geomagnético. Essas variações possuem amplitudes muito inferiores à amplitude do Campo Magnético que é produzido no núcleo da Terra. As variações geomagnéticas observadas na Superfície Terrestre são causadas pelas correntes elétricas presentes na Magnetosfera e Ionosfera Terrestre. As medidas Geomagnéticas são obtidas através de equipamentos chamados magnetômetros. Nas dependências do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS (29°S, 53°W), estão instalados magnetômetros do tipo Fluxgate, de alta resolução, que fazem a aquisição de dados geomagnéticos das variações que ocorrem nas componentes H (Norte – Sul), D (Leste – Oeste) e Z (Vertical) do Campo Magnético Terrestre. O estudo desses dados Geomagnéticos adquiridos em São Martinho da Serra é de grande importância, uma vez que o Observatório Espacial do Sul (OES) fica localizado muito próximo ao centro da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS). Os magnetômetros são operados pelo Grupo de Geomagnetismo do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (LACESM), onde estão sendo estudadas as variações geomagnéticas, os processos físicos que estão ocorrendo na Magnetosfera Terrestre e sua relação com as variações que ocorrem nas componentes do Campo Magnético Terrestre.

1 - Trabalho desenvolvido no LACESM /CT/UFSM e no OES/CRSPE/INPE

2 - Apresentador/Autor: Acadêmico do Curso de Física, LACESM/UFSM

3 - Orientador, Universidade Federal de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM

4 - Co-autor do trabalho: Acadêmico do Curso de Física, LACESM/UFSM

5 - Co-autora do trabalho: Acadêmica do Curso de Física, LACESM/UFSM

6 - Coordenador da Ação de Implantação do CRSPE/INPE – MCT

Anexo 16 - XVIII Jornada Acadêmica Integrada, UFSM, outubro de 2003.





PULSAÇÕES MAGNÉTICAS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

Silvio Buchner, Everton Frigo, Morgana S. Franco, Nelson J. Schuch, *Nalin B. Trivedi*

Universidade Federal de Santa Maria – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LACESM/CT/UFSM – OES/CRSPE/INPE
Av. Roraima – Bairro Camobi – Caixa Postal 5021 – 97110-970 – Santa Maria – RS –
Brasil
silvio@lacesm.ufsm.br, trivedi@lacesm.ufsm.br, njschuch@lacesm.ufsm.br

As micropulsões podem ser definidas como Pulsões Geomagnéticas de baixa frequência. Estas pulsões podem ser divididas em duas classes distintas: as Pulsões Contínuas (Pc) e as Pulsões Irregulares (Pi). Muitos destes distúrbios tem aspecto senoidal em aparência e, tem sido atribuído a ondas Hidromagnéticas ou Magneto – Hidrodinâmicas (MHD), dentro da Magnetosfera da Terra, podendo ser vistas como oscilações do Campo Magnético Terrestre. As Pulsões Irregulares são provavelmente produzidas por feixes de partículas carregadas que penetram na alta Atmosfera. Esta injeção de partículas provoca na Ionosfera o estabelecimento de sistemas de correntes ocasionando um aumento da condutividade da Ionosfera. Esta por sua vez, passa a oferecer uma blindagem cada vez maior às ondas Hidromagnéticas excitadas pelo feixe, fazendo com que as Pulsões Irregulares (Pi) ocorre em geral nas etapas iniciais do desenvolvimento de umas Tempestades Magnéticas. As Pulsões Contínuas (Pc) são Pulsões quase senoidais e classificadas como Pc₁ a Pc₅, na faixa de períodos entre 0,2 a 1000 segundos. As Pc₁ são oscilações senoidais regulares, com seus períodos variando de 0,2 a 5 segundos, são mais frequentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais, as Pc₂ e Pc₃ são tipicamente fenômenos diurnos, com períodos médios, sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio dia. A ocorrência das Pc₄ aumenta com a diminuição da atividade Solar, são dominantes nos mínimos solares. as Pc₅ possuem uma forma inteiramente senoidal, sendo muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade Magnética. Na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) ocorre o rebaixamento do cinturão de radiação de Van Allen e a sua principal consequência é a maior precipitação de partículas, que podem danificar os satélites que orbitam por esta região, atingindo experimentos a bordo destes satélites, e principalmente, a segurança dos astronautas. Estas micropulsões Magnéticas estão sendo monitoradas e analisadas no Observatório Espacial do Sul, OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra, situado na região central da Grande Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e estão sendo estudadas por pesquisadores do INPE e da UFSM em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (LACESM). Inicialmente foram analisados dados da Estação Magnética de São Martinho da Serra, com a separação dos eventos de acordo com suas amplitudes. Estudos comparativos destes eventos observados em outras Estações Magnéticas estão sendo efetuados para elucidar processos físicos que ocorrem na Magnetosfera Terrestre.

Anexo 17 - XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica, CRICTE, e IV Feira de protótipos, 9,10 e 11 de Outubro de 2003, Itajaí - SC



**ESTUDO DE VARIAÇÕES NO CAMPO GEOMAGNÉTICO OBSERVADO EM
SÃO MARTINHO DA SERRA – UM OBSERVATÓRIO GEOMAGNÉTICO NA
REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA**

Silvio Buchner⁸ (CRSPE/INPE-MCT, Bolsista PIBIC/CNPq)
Dr. Nalin B. Trivedi⁹ (LACESM/CT/UFSM-MEC)
Dr. Nelson Jorge Schuch¹⁰ (CRSPE/INPE-MCT)

RESUMO

Medidas das variações geomagnéticas foram efetuadas, nas componentes H, D, e Z do Campo Geomagnético, em São Martinho da Serra (29.43 S, 53.80 W) operando um magnetometro do tipo 'fluxgate magnetometer' de três componentes ortogonais. O magnetometro usado é de baixo ruído e as variações geomagnéticas (H, D, e Z) estão sendo registradas a cada 2 segundos continuamente. Os sinais de GPS fornece o padrão de tempo. Os dados geomagnéticos adquiridos na Estação Magnética de São Martinho da Serra - SMS permite nos estudar as variações geomagnéticas diurnas durante períodos magneticamente calmos, Tempestades Magnéticas durante a atividade solar elevada e as pulsações geomagnéticas, na faixa de períodos entre 0.2 segundos e 1000 segundos. As pulsações geomagnéticas entre 0.2 segundos a 1000 segundos são geradas pela interação entre o vento solar (plasma solar) e a Magnetosfera terrestre. A Estação Geomagnética de SMS está situada quase no centro da Anomalia Magnética do Atlantico Sul – AMAS, onde devido a menor intensidade globalmente do Campo Geomagnético Total, F, ocorrem precipitação das partículas carregadas: elétrons e prótons, aumentando a ionização na região D, e E da ionosfera sobre a AMAS. Estudamos as variações impulsivas registradas na Estação de SMS para o período de 2001 e 2002. Este estudo mostrou que certos eventos das variações impulsivas quando acompanhadas de precipitação de partículas carregadas tem amplitudes maiores em SMS, em comparação com os amplitudes observadas nas Estações Magnéticas de Vassouras (22.40 S, 43.65 W) e Eusebio (3.85 S, 38.42 W). O mesmo fenômeno é observado nas pulsações contínuas como Pc5 (faixa de períodos 150 a 1000 segundos. Apresentamos os resultados sobre os estudos realizados.

⁸ Aluno do Curso de Física Licenciatura Plena, UFSM. E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br

⁹ Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br

¹⁰ Chefe do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Anexo 18 – IX Seminário de Iniciação Científica do INPE, IX SICINPE, 28, 29 e 30 de Julho de 2003.





VARIAÇÕES NAS AMPLITUDES DAS PULSAÇÕES IMPULSIVAS COM O AUMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL F

Silvio Buchner⁽¹⁾⁽²⁾, Everton Frigo⁽¹⁾⁽²⁾, Vimeir S. Moreira⁽¹⁾⁽²⁾, Jairo F. Savian⁽¹⁾⁽²⁾,
Vania F. Andrioli⁽¹⁾⁽²⁾, Nalin B. Trivedi⁽²⁾, Nelson Jorge Schuch⁽¹⁾,

(1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – RSU/INPE, Santa Maria, RS, Brasil

(2) Universidade Federal de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

As Pulsações Geomagnéticas podem ser divididas em Pulsações Contínuas (Pc) e Pulsações Impulsivas (Pi). As Pi são geralmente interpretadas como um sinal hidromagnético transiente associado com mudanças súbitas no estado físico da Magnetosfera Terrestre durante a fase de expansão de uma sub-tempestade Magnética. Esses Impulsos súbitos são pulsos de rarefação e compressão das linhas de Campo na Magnetopausa, são causados pelo choque Interplanetário. Pulsações Impulsivas observadas em São Martinho da Serra (-29.43° N, 306.18° E) são de amplitudes menores ou iguais a observadas nas demais Estações Geomagnéticas. Observa-se, porém que alguns eventos Impulsivos observados em São Martinho da Serra, essa generalidade não ocorre, ou seja, encontramos alguns eventos em que as amplitudes Impulsivas são maiores na região localizada nas proximidades do centro da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS). Esta constatação foi efetivada quando comparados dados das Estações Geomagnética de São Martinho da Serra (SMS), Vassouras (VSS) (-2.40° N, 316.35° E), e Korou (KOU) (2.21° N, 307.27° E). Foi utilizados dados dessas três Estações por estas estarem respectivamente localizadas na proximidade do centro, na borda, e na região fora da (AMAS). Observou-se que para alguns eventos Impulsivos as amplitudes vão diminuindo a medida que o Campo Total (F) aumenta. Acredita-se que esses eventos são devido a precipitação de elétrons na região da (AMAS), que compreende a região em que fica localizada a Estação Magnética de São Martinho da Serra, junto ao Observatório Espacial do Sul (OES). Esta constatação foi feita para 34 eventos Impulsivos no período de Setembro de 2000 à Dezembro de 2001. Esse estudo está sendo efetuado para o período de Janeiro de 2002 à Dezembro de 2003, pretende-se com isso a comprovação desse fato experimental, e a sua relação com o fenômeno da precipitação de partículas na região da (AMAS), e elucidar os processos físicos que estão ocorrendo na Magnetosfera Terrestre.

Anexo 19 – Trabalho submetido para VII COLAGE, 7th LATIN – AMERICAN CONFERENCE ON SPACE GEOPHYSICS, 29 de Março a 02 de Abril de 2004, Atibaia-SP.



IDENTIFICAÇÃO DE ANISOTROPIAS PRECURSORAS DAS TEMPESTADES GEOMAGNÉTICAS INTENSAS (Dst < -100nT) DE 22 DE OUTUBRO DE 1999 E 6 DE ABRIL DE 2000

Jairo F. Savian, Marlos R. da Silva, Marcos R. Signori, Vania F. Anadrioli, Silvio Buchner, Alisson Dal Lago, Luis Eduardo A. Vieira, Ezequiel Echer, K. Munakata, Walter D. Gonzalez, Nelson J. Schuch

Universidade Federal de Santa Maria – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LACESM/CT/UFSM – OES/CRSPE/INPE
Av. Roraima – Bairro Camobi – Caixa Postal 5021 – 97110-970 – Santa Maria –RS –
Brasil
savian@lacesm.ufsm.br, gonzalez@dge.inpe.br

RESUMO

As características das emissões solares relacionam-se à sua atividade. O aspecto mais marcante da atividade é o ciclo solar de 11 anos, passando por um mínimo e um máximo, onde o número de manchas solares cresce ocorrendo um aumento dos fenômenos energéticos que estão associados aos chamados “flares”, às Ejeções Coronais de Massa (CME) e Tempestades Geomagnéticas. As Tempestades Geomagnéticas caracterizam-se pelo decréscimo na componente H, horizontal, do Campo Magnético Terrestre. O decréscimo atribui-se a um aumento da população de partículas aprisionadas na Magnetosfera, intensificando a chamada “Corrente de Anel”. Estas tempestades estão associadas às estruturas interplanetárias cuja componente do Campo Magnético Interplanetário, na direção z (B_z), esteja na direção Sul, ou seja, antiparalela à direção do Campo Magnético Terrestre. Assim, o Campo Magnético Interplanetário interconecta-se com a Magnetosfera ocorrendo um transporte efetivo de energia. A Tempestade Magnética caracteriza-se por três fases: fase inicial, identificada por um salto dos campos físicos do Meio Interplanetário; fase principal, caracterizado por um alto decréscimo do índice Dst e fase de recuperação, onde os campos físicos voltam aos seus valores iniciais. O objetivo deste trabalho é identificar as anisotropias precursoras responsáveis pela origem das Tempestades Geomagnéticas intensas (Dst < -100nT), dos dias 22 de outubro de 1999 e 6 de abril de 2000. Foram utilizados dados dos parâmetros interplanetários como: plasma (velocidade do Vento Solar, densidade e temperatura de prótons), Campo Magnético Interplanetário (componentes B_x , B_y , B_z), provenientes dos satélites WIND e ACE e do índice Dst para a identificação das tempestades. O monitoramento destes parâmetros é de significativa importância para um melhor entendimento da variabilidade do Clima Espacial, propiciando informações a respeito das condições do Meio Interplanetário, atividade solar e o possível desenvolvimento de Tempestades Geomagnéticas, cujos efeitos podem ser sentidos no meio-ambiente terrestre.

Anexo 20 – Trabalho submetido para VII COLAGE, 7th LATIN – AMERICAN CONFERENCE ON SPACE GEOPHYSICS, 29 de Março a 02 de Abril de 2004, Atibaia-SP.





CARACTERÍSTICAS DAS PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

Everton Frigo ⁽¹⁾⁽²⁾, Silvio Buchner ⁽¹⁾⁽²⁾, Virnei S. Moreira ⁽¹⁾⁽²⁾,
Nalin B. Trivedi ⁽²⁾, Nelson Jorge Schuch ⁽¹⁾

(3) *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE-MCT, Santa Maria, RS, Brasil*

(4) *Universidade Federal de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Brasil*

RESUMO

As Micropulsões Geomagnéticas são flutuações do Campo Geomagnético Terrestre, com períodos de décimos a centenas de segundos com amplitudes equivalentes a aproximadamente 1% do Campo Geomagnético Total. Essas variações têm sua origem no exterior da Terra, e ocorrem provavelmente devido às manifestações de ondas de plasma de frequência ultrabaixa (10mHz – 10 Hz), propagando-se como ondas hidromagnéticas na Magnetosfera Terrestre. As Micropulsões Geomagnéticas são classificadas, baseadas nas suas propriedades morfológicas como Micropulsões Regulares ou Contínuas e Micropulsões Irregulares ou Impulsivas. As Pulsões Contínuas (Pc) são ainda subdivididas em grupos de acordo com seus períodos e suas frequências. As Pc1 possuem período entre (T=0,2 – 5s), as Pc2 (T=5 – 10s), as Pc3 (T=10 – 45s), as Pc4 (T=45 – 150s) e as Pc5 (T=150 – 600s). As Pulsões Irregulares (Pi) são subdivididas de acordo com os seus períodos como Pi1 (T=1 - 40s) e Pi2 (T=40 – 150s). As componentes, H (Norte – Sul), D (Leste – Oeste) e Z (Vertical), do Campo Geomagnético Terrestre são detectadas na Estação Geomagnética de São Martinho da Serra, junto ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS (29°S, 53°W), através da utilização de magnetômetros de alta resolução do tipo fluxgate, com taxa de aquisição a cada dois segundos. Estuda-se mais especificamente as características das Pulsões Geomagnéticas que são observadas nas proximidades do centro da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), objetivando os processos físicos que estão ocorrendo na Magnetosfera Terrestre.

Anexo 21 – Trabalho submetido para VII COLAGE, 7th LATIN – AMERICAN CONFERENCE ON SPACE GEOPHYSICS, 29 de Março a 02 de Abril de 2004, Atibaia-SP.



XVIII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministerio da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

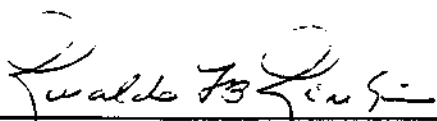
Certificamos que

SILVIO BUCHNER
NELSON JORGE SCHUCH
EVERTON FRIGO
MORGANA SILVA FRANCO
NALIN BABULAL TRIVEDI

Participaram da XVIII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 14, 15 e 16 de outubro de 2003, com o trabalho:

FLUXO DE PLASMA SOLAR E CAUSAS DE SUA INTERAÇÃO COM O CAMPO
MAGNÉTICO TERRESTRE

Divulgue sua idéia!



Comissão Executiva
Outubro de 2003

UFSM
www.ufsm.br/jornada

XVIII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

Certificamos que

MORGANA SILVA FRANCO
NELSON JORGE SCHUCH
EVERTON FRIGO
NALIN BABULAL TRIVEDI
SILVIO BÜCHNER

Participaram da XVIII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 14, 15 e 16 de outubro de 2003, com o trabalho:

ESTUDO DAS PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS DE PERÍODOS LONGOS NA
REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL - AMAS

*Confere com o
original*
Migliorini
DENISE MORENA PAZ MIGLIORINI
Chefe do GAP-CT / UFSM
Divulgue sua ideia!


Comissão Executiva
Outubro de 2003

2003
UFSM
www.ufsm.br/jornada

XVIII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

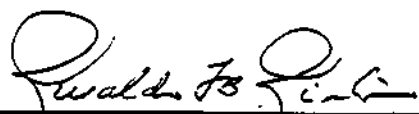
Certificamos que

EVERTON FRIGO
NELSON JORGE SCHUCH
MORGANA SILVA FRANCO
NALIN BABULAL TRIVEDI
SILVIO BUCHNER

Participaram da XVIII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 14, 15 e 16 de outubro de 2003, com o trabalho:

AQUISIÇÃO DE DADOS GEOMAGNÉTICOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL
DO SUL

Confere com o original
DENISE MORENA PAZ MIGLIORIN
Sub-Chefe do GAP-CT / UFSM
Divulgue sua ideia.


Comissão Executiva
Outubro de 2003

2003
UFSM
www.ufsm.br/jornada

CRICTE

XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia
IV Feira de Protótipos **2003** UNIVALI

Certificamos que

Silvio Buchner

Participou do XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2003, e IV Feira de Protótipos, realizado de 9 a 11 de outubro de 2003, na Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, Brasil, apresentando o trabalho:

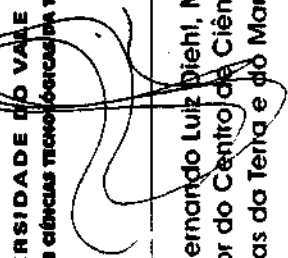
PULSAÇÕES MAGNÉTICAS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL



Prof. Valdir Cechnel Filho, Dr.
Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação,
Extensão e Cultura



UNIVALI
UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS TERRESTRE E DO MAR



Prof. Fernando Luiz Diehl, M.Sc.
Diretor do Centro de Ciências
Tecnológicas da Terra e do Mar - CTTMar



Prof. Silvia Santos, M.Sc.
Presidente da Comissão Organizadora
do XVIII CRICTE e IV FEIRA DE PROTÓTIPOS



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC/CNPq

Conferimos o presente Certificado a *Silvio Buchner* por sua participação com o trabalho intitulado *Estudo de variações no campo geomagnético observado em São Martinho da Serra – Um Observatório Geomagnético na região da Anomalia Geomagnética* sob a orientação de *Dr. Nafiu B. Trivedi e Dr. Nelson Jorge Schuch* no IX Seminário de Iniciação Científica do INPE (IX SICINPE), realizado em São José dos Campos, SP, no período de 28 a 30 de Julho de 2003.

São José dos Campos, 30 de Julho de 2003.

Luiz Carlos Gadelha de Souza
Coordenador Programa PIBIC/CNPq/INPE




**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

CERTIFICADO

Certificamos que o(a) Sr.(a) SÍLVIO BUCHNER participou da **1ª ESCOLA DE INVERNO DE FÍSICA**, promovida pelo Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal de Santa Maria, no período de 28 a 31/07/2003, com carga horária de 30 horas.

Santa Maria, 31 de julho de 2003.


Prof. Dr. Paulo Cesar Piquini
Coordenador do PPGFísica


Prof. Tit. Edgardo Ramos Medeiros
Dir. Centro de Ciências Naturais e Exatas

CRICTE

XVIII Congresso Regional de Iniciação
Científica e Tecnológica em Engenharia
IV Feira de Protótipos **2003** UNIVALI

Certificamos que

Silvio Buchner

**Participou do XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2003, e
IV Feira de Protótipos, realizado de 9 a 11 de outubro de 2003, na Universidade do Vale do Itajaí,
Santa Catarina, Brasil.**



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA TERRA E DO MAR

Prof. Valdir Quechinel Filho, Dr.
Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação,
Extensão e Cultura

Prof. Fernando Luiz Blehi, M.Sc.
Diretor do Centro de Ciências
Tecnológicas da Terra e do Mar - CTTMar

Prof. Sílvia Santos, M.Sc.
Presidente da Comissão Organizadora
do XVIII CRICTE e IV FEIRA DE PROTOTIPOS